

施洪波. 1960—2008 年京津冀地区夏季高温日数的变化趋势分析[J]. 气象, 2011, 37(10): 1277-1282.

1960—2008 年京津冀地区夏季高温日数的变化趋势分析^{*}

施洪波

北京市气候中心, 北京 100089

提 要: 基于整理的京津冀地区 83 个台站 1960—2008 年夏季逐日日最高气温资料, 采用趋势分析和滑动 t 检验方法分析了近 50 年京津冀夏季高温日数的时空特征及变化趋势。结果表明: 1960—2008 年京津冀夏季高温日数在空间上呈现出“南多北少”的分布特征, 高值中心位于南部的南宫附近, 在时间上呈现出“多—少—多”的年代际变化特征, 无显著的线性变化趋势, 但其南部夏季高温日数主要呈减少趋势, 北部主要呈增加趋势。京津冀夏季高温日数有两个突变点, 即从 1972 年由多变少, 从 1996 年由少变多, 但其北部只有一个突变点。与 1960—1972 年京津冀夏季高温日数偏多期相比, 近 12 年(1997—2008 年)京津冀夏季高温日数偏多且出现的年份更为集中, 在此期间京津冀及其南北部夏季高温日数呈现明显的减弱趋势。

关键词: 高温日数, 变化趋势, 突变

Analysis of Trends in the Variability of Summer High Temperature Days During 1960—2008 in Beijing, Tianjin and Hebei

SHI Hongbo

Beijing Municipal Climate Center, Beijing 100089

Abstract: Based on the arranged daily maximum air temperature data from 83 stations in the Beijing-Tianjin-Hebei region (Jingjinji) during the summer of 1960—2008, the temporal and spatial distributions of summer high temperature days (SHTD, daily maximum temperature equal to or higher than 35°C) in Jingjinji are studied with a focus on the long-trends. The line trend analysis and moving t test are used in the analysis. The results show that the SHTDs in Jingjinji display a spatial distribution pattern of “more in the south and less in the north”. And the high center is located near the Nangong Station in the south. The SHTDs in Jingjinji have an evolutionary trend of increasing-decreasing-increasing, and do not have significant linear trends. But there exist mainly a decreasing linear trend in the south and an increasing linear trend in the north. By using the moving t test, two points of sudden change are detected, which occurred in 1972 and 1996, respectively. However, the SHTDs in the north of Jingjinji have only a change point. Compared with those during 1960—1972, more SHTDs occurred over Jingjinji during 1997—2008 and the years with more SHTDs are more centralized. The SHTDs during 1997—2008 reveal a significant decreasing trend.

Key words: summer high temperature days, long-trend, sudden change

* 国家重点基础研究发展规划项目(2010CB428506)、北京市科技计划项目(Z07050600680701)和中国气象局气候变化专项(CCSF-09-01)共同资助

2010 年 8 月 24 日收稿; 2011 年 4 月 14 日收修定稿

作者: 施洪波, 从事气候变化和数值模拟研究. Email: shb2001_ren@sohu.com

引言

1906—2005 年全球平均表面温度上升了 0.74°C , 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在 1995—2006 年(除 1996 年外)^[1]。1951 年以来我国年平均地表气温的增温速率比全球或半球同期平均增温速率高得多^[2], 北方地区增温趋势非常显著^[2-4], 其中华北地区 1981—2002 年期间的增温强度明显强于 1957—2002 年和 1901—2002 年^[5]。在此背景下, 近年来京津冀地区持续性极端高温事件频繁发生^[6-8], 给人们的日常生活以及工农业生产活动造成很大影响, 并引起了气象学者的广泛关注^[9-15]。

刘学锋等^[16]的分析表明, 自建站至 2000 年河北省高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)日数各年代平均值变化幅度相对平缓, 年际变化呈现先降后增的变化趋势, 变化幅度小且增加趋势不明显。史印山等^[17]的研究指出, 京津冀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, 高温天气偏多和偏少年北半球 500 hPa 环流形势存在明显的差异。谢庄等^[7]对北京 1940—1999 年 7 月份的酷暑天气进行了统计分析, 并探讨了出现酷暑天气的主要机制。以上研究所用资料时段较短, 不能完全反映近十多年来京津冀高温天气频现的特征。本文以整理的京津冀地区 83 个气象台站逐日日最高气温资料为基础, 对 1960—2008 年京津冀地区夏季高温日数的时空特征及变化趋势进行分析, 为了凸显近十多年京津冀地区夏季高温日数的变化特征, 将其与 20 世纪 60 年代的高温期做比较。

1 数据与分析方法

本文所用资料是北京市气候中心、天津市气候中心和河北省气候中心提供的京津冀地区 175 个台站自建站以来观测的逐日日平均气温、日最高气温和日最低气温资料。我们参考 Alexander 等^[18]和李红梅^[19]的做法对台站资料进行了质量控制, 首先是气温的基本特性判断, 即气温值要介于一 70°C ~ 70°C 之间, 并且日最高气温大于日平均气温、日平均气温大于日最低气温, 对于不满足以上两个条件的气温数据设为缺测; 然后是日最高气温、日最低气温的异常值判断, 即利用日平均气温的气候值加、减 4

倍标准差得到一个每日气温的变化范围, 对不在此范围内的日最高气温值进行手工检查。在此基础上得到数据完整、质量较好的 1960—2008 年京津冀地区 83 个台站逐日日最高气温数据。

本文定义日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 为一个高温日。在计算京津冀地区平均高温日数时, 参考高荣等^[20]的做法, 去除了气候平均高温日数小于 1 天的站点, 只对高温日数 ≥ 1 天的站点做平均。为了比较京津冀南、北部高温日数的变化, 选取石家庄、邢台、邯郸、南宫和保定作为南部的代表台站, 北京、天津、张家口、承德和秦皇岛作为北部的代表台站。文中取 1960—2008 年平均作为气候值。所采用的分析方法包括趋势分析和滑动 t 检验(MTT)^[21-22]等。

2 结果分析

2.1 京津冀极端最高气温和夏季高温日数的空间分布

图 1a 是 1960—2008 年京津冀地区极端最高气温的空间分布。可以看到, 近 50 年京津冀地区日最高气温极大值中心有两个, 一个位于南部的赞皇和宁晋附近, 赞皇近 50 年日最高气温极大值为 43.4°C , 出现在 2002 年 7 月 15 日, 另一个位于东北部的承德附近, 近 50 年气温最高达 43.3°C , 出现在 2000 年 7 月 14 日。除京津冀西北部海拔高度大于 800 m 的地区日最高气温极大值多介于 $34.5 \sim 39.5^{\circ}\text{C}$ 外, 其他大部分地区极端最高气温高于 40°C , 其中 39°N 以南地区达 42°C 以上。从极端最高气温出现的时间看, 83 个台站日最高气温极大值均集中在 6—7 月, 其中 22 个台站的极端最高气温出现在 1975 年以前, 60 个台站出现在 1999 年以后, 这除了与大气环流的异常有关外, 可能还和近些年快速城市化所带来的越来越强的城市热岛有关^[23-28]。

1960—2008 年京津冀地区夏季高温日数呈现出南多北少的分布特点(图 1b)。 39°N 以南地区多年平均的高温日数多在 10 天以上, 而西北部高海拔地区和东北部沿海地区的高温日数较少, 多在 2 天以下, 北部其他地区高温日数多介于 3~9 天之间。京津冀地区多年平均高温日数的高值中心位于南部的南宫附近, 其中南宫高温日数最多, 多年平均为 17 天, 其次为巨鹿, 有 16.4 天, 宁晋有 15.9 天。

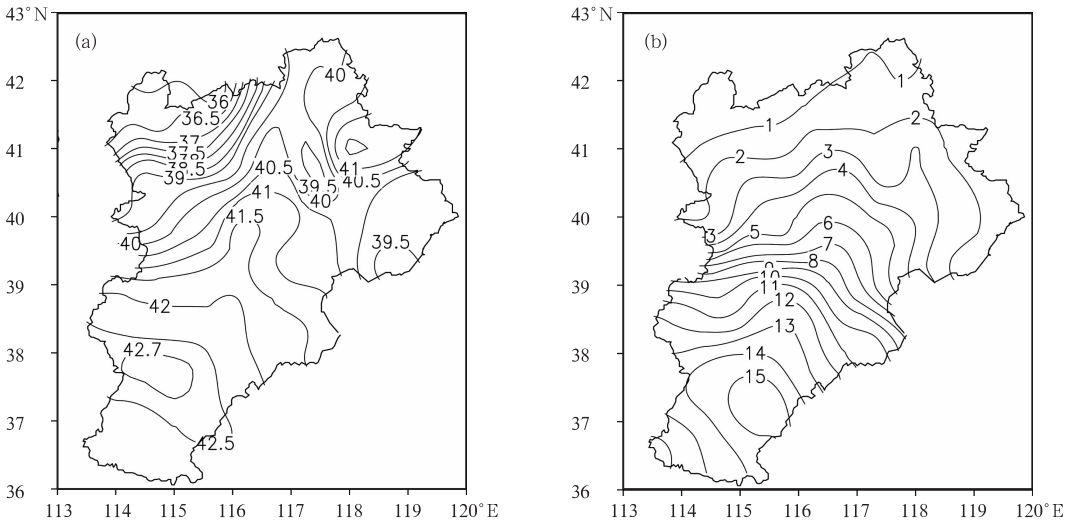


图 1 京津冀地区 1960—2008 年极端最高气温(a,单位:℃)和夏季高温日数(b,单位:d)的空间分布
 Fig.1 The spatial distributions of extreme value of daily maximum temperature (a, unit: ℃) and yearly summer high temperature days (b, SHTDs, daily maximum temperature equal to or higher than 35 ℃, unit: d) over Beijing-Tianjin-Hebei region during 1960—2008

2.2 京津冀夏季高温日数的变化趋势

图 2 是 1960—2008 年京津冀地区平均夏季高温日数的逐年变化。可以看到,京津冀地区夏季高温日数在 1997 年最多,为 20.6 天,1972 年夏季高温日数也达到 20.4 天,1977 年夏季高温日数最少,仅 2 天。从长期变化看,近 50 年京津冀地区夏季高温日数呈微弱的线性增加趋势,趋势值为 0.01 d/10a,但没有通过显著性检验。这与近 50 年华北地区夏季平均气温微弱的上升趋势比较一致^[2]。从空间分布(图 3)看,京津冀南部的夏季高温日数主要呈减少趋势,其中减少趋势超过 1 d/10a 的站点有 7 个,巨鹿和南宫的趋势值分别达到 -1.8 d/10a 和 -1.9 d/10a,京津冀北部的夏季高温日数主要呈增加趋势,其中趋势值超过 0.5 d/10a 的站点较多,京津地区夏季高温日数的增加趋势较为明显,这可能与其台站位于大城市有一定关系^[29]。然而,83 个台站中只有 10 个台站夏季高温日数的线性变化趋势达到了 5% 的显著性水平。

从高温日数的时间序列还可以看到,京津冀地区夏季高温日数表现出“多—少—多”的年代际变化特征。京津冀地区 20 世纪 60 年代夏季高温日数为 9.6 天,20 世纪 70 年代减少至 6.4 天,80 年代夏季高温日数最少,为 5.9 天,比 60 年代减少了 3.7 天,90 年代增加到 7.8 天,与气候值持平,2000—2008

年又增加到 9.3 天,仍比 20 世纪 60 年代夏季高温日数略少(表 1)。具体到京津冀地区南部和北部,南部 60 年代夏季高温日数为 17.6 天,之后一直减少,80 年代减少为 11.7 天,比 60 年代少 5.9 天,随后逐渐增加,2000—2008 年为 14.7 天,仍比 20 世纪 60 年代少 2.9 天;北部 60 年代夏季高温日数为 4.7 天,80 年代减少到 2.9 天,之后一直增加,2000—2008 年增加为 6.6 天,比 60 年代多 1.9 天(表 1)。

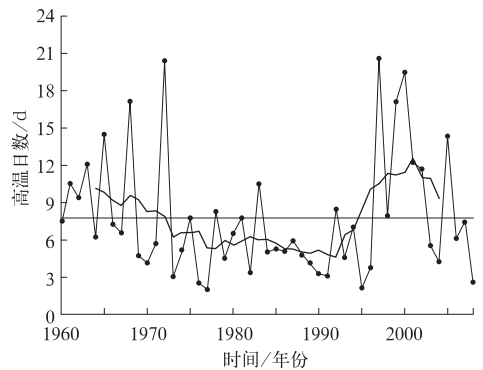


图 2 1960—2008 年京津冀地区夏季高温日数(单位:天)的逐年变化
 实心圆点代表实测值,直线为气候值,曲实线为 9 年滑动平均曲线

Fig.2 The interannual variations of SHTDs (unit: d) over Beijing-Tianjin-Hebei region during 1960—2008
 The straight line indicates climate value and the curve is 9-year running mean curve

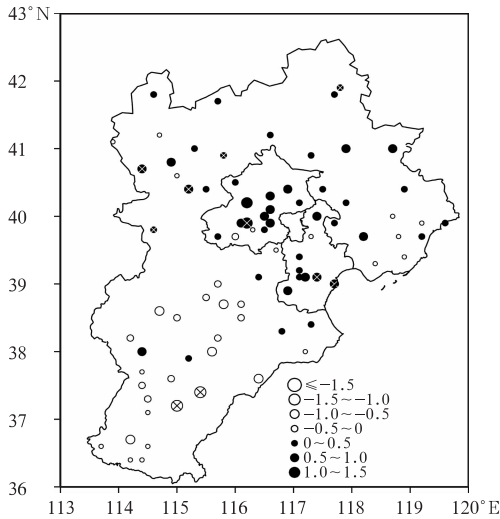


图 3 京津冀地区 1960—2008 年夏季高温日数的变化趋势 [单位: $d \cdot (10a)^{-1}$]
实心圆点表示趋势值为正, 空心圆点表示趋势值为负,
趋势超过 5% 显著性检验的站点用 \times 表示

Fig. 3 The linear trend of SHTDs over
Beijing-Tianjin-Hebei region
during 1960—2008 [unit: $d \cdot (10a)^{-1}$]

The marks are proportional to the values of the trend with closed circles for positive values and open circles for negative values. The stations with a significant trend level of 5% are marked with the cross

由于南北部夏季高温日数的变化趋势不完全一致, 20 世纪 70 年代南部夏季高温日数是北部的 4.3 倍, 之后随着南部夏季高温日数的减少、北部夏季高温日数的增加, 2000—2008 年南部夏季高温日数减少为北部的 2.2 倍。

为了进一步揭示京津冀地区夏季高温日数的年代际变化特征, 利用滑动 t 检验方法对 1960—2008 年京津冀夏季高温日数做突变分析。这里取两子序列长度 $n_1 = n_2 = 10$ 。由图 4 可以看到, t 统计量在 1996 年超过了 0.01 显著性水平, 为正值; t 统计量在 1972 年达到了 0.05 显著性水平, 为负值, 这从一个侧面验证了谢庄等^[30]的研究结果。以上说明京津冀地区夏季高温日数在近 50 年出现了两次明显的突变, 即在 20 世纪 70 年代初, 京津冀地区夏季高温日数经历了由多到少的转变, 然后又在 90 年代中期经历了一次由少到多的转变。还可看到, 1960—1996 年京津冀夏季高温日数呈现出 1.7 d/10a 的线性减少趋势, 1973—2008 年京津冀夏季高温日数呈现出 1.6 d/10a 的线性增加趋势, 分别达到了 0.005 和 0.02 的显著性水平, 而在 1973—1996 年期间京津冀夏季高温日数的线性趋势值为 $-0.2 d/10a$, 但

表 1 京津冀及其南、北部各年代夏季高温日数 (单位: 天)
Table 1 The number of SHTDs during the past decades over Beijing-Tianjin-Hebei region and its south and north parts (unit: d)

	1960—1969	1970—1979	1980—1989	1990—1999	2000—2008	1960—2008
京津冀	9.6	6.4	5.9	7.8	9.3	7.8
南部	17.6	13.4	11.7	14.6	14.7	14.4
北部	4.7	3.1	2.9	4.1	6.6	4.2

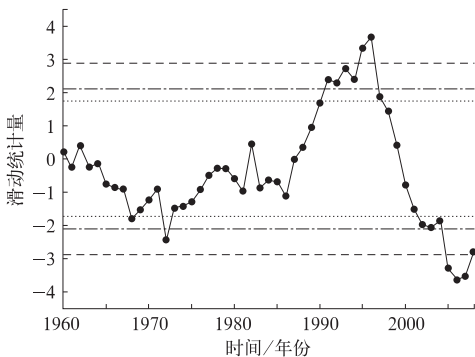


图 4 京津冀地区 1960—2008 年夏季高温日数滑动 t 统计量曲线

图中点虚线、短虚线、长虚线分别为 $\alpha = 0.1$, 0.05, 0.01 显著性水平临界值

Fig. 4 The moving t -test statistical quantity for SHTDs over Beijing-Tianjin-Hebei region during 1960—2008

The dot-dashed, short dashed and long dashed lines indicate the threshold at confidence levels of 0.1, 0.05 and 0.01, respectively

没通过显著性检验。与京津冀类似, 京津冀南部夏季高温日数也在 1972 年和 1996 年发生了突变, 但北部略有不同, 只有一个明显的突变点, 在 1996 年 (图略)。

从上面的分析可以看到, 1960—1972 年和 1997—2008 年是京津冀地区两个夏季高温日数偏多集中期。与 1960—1972 年相比, 近 12 年 (1997—2008 年) 京津冀夏季高温日数偏多 1.1 天, 主要体现在 7 和 8 月, 均为 1960—1972 年同期的 1.2 倍, 同样其南部的高温日数也分别在 7 月和 8 月偏多 0.9 天和 0.7 天, 而北部 6、7 和 8 月高温日数均偏多, 分别比 1960—1972 年同期增多 0.2、0.8 和 1.3 倍 (表 2)。近 12 年京津冀夏季高温更为集中, 其中有 7 年偏多, 1997—2002 年更是连续 6 年偏多。根据计算, 1960—2008 年京津冀夏季高温日数与夏季亚洲西风环流指数呈正相关, 相关系数为 0.31, 达

到了 0.05 的显著性水平。近 12 年夏季亚洲西风带以纬向环流为主(图 5),有利于大陆性高压影响京津冀^[12,31],进而使得京津冀夏季高温日数偏多。此外,这种偏多可能还与西太平洋副热带高压的变化、京津冀夏季降水偏少以及城市热岛的加强有关^[11,32-33]。同时还可以看到,近 12 年京津冀夏季高

温日数呈明显的线性减少趋势,83 个台站中,减少趋势超过 1 d/a 的台站有 40 个,减少趋势超过 2 d/a 的台站有 11 个,减少趋势值最大为 -2.5 d/a,出现在河间和辛集,其中有 40 个台站夏季高温日数的线性变化趋势通过了 0.05 的显著性检验,主要分布在京津及其以南地区。

表 2 1997—2008 年京津冀夏季及各月高温日数(单位:天)与 1960—1972 年同期的比较
Table 2 Comparison of high temperature days during the summer, June, July and August of 1997—2008 and 1960—1972 over Beijing-Tianjin-Hebei region (unit: d)

	1960—1972				1997—2008			
	夏季	6 月	7 月	8 月	夏季	6 月	7 月	8 月
京津冀	9.7	5.1	3.9	0.7	10.8	5	4.9	0.9
南部	15.3	8.1	6.2	1	16.6	7.9	7	1.7
北部	5.9	3.1	2.4	0.4	8.9	3.7	4.3	0.9

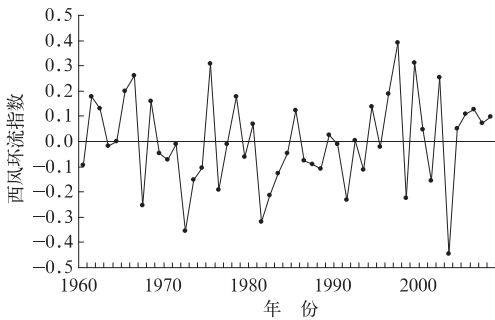


图 5 1960—2008 年夏季亚洲西风环流指数变化图

Fig. 5 The interannual variation of Asian westerly circulation index in the summer of 1960—2008

3 结 论

通过分析整理的 1960—2008 年夏季京津冀地区 83 台站逐日日最高气温资料,得到以下主要结论:

(1) 近 50 年京津冀地区夏季高温日数呈现出南多北少的分布特征。在 39°N 以南地区夏季高温日数多在 10 天以上,北部夏季高温日数多在 3~9 天之间,但西北部高海拔地区和东北部沿海地区少于 2 天。从 83 个台站夏季高温日数极大值出现的年份看,47 个台站出现在 1999 年之后,21 个出现在 1997 年,15 个出现在 1972 年之前。

(2) 近 50 年京津冀地区极端最高气温存在两个中心,分别位于东北部的承德附近和南部的南宫附近,从 83 个台站极端最高气温出现的年份看,22

个台站出现在 1975 年以前,60 个台站出现在 1999 年以后。

(3) 近 50 年京津冀地区夏季高温日数变化呈现出明显的南北差异,即南部主要呈减少趋势,北部主要呈增加趋势。

(4) 近 50 年京津冀地区夏季高温日数呈现出明显的“多—少—多”年代际变化特征。通过滑动 t 检验发现,有 1972 年和 1996 年两个突变点,即在 20 世纪 70 年代初,京津冀夏季高温日数经历了由多到少的转变,然后又在 20 世纪 90 年代中期经历了一次由少到多的转变。

(5) 1960—1972 年和 1997—2008 年是京津冀两个夏季高温日数偏多集中期。与 1960—1972 年相比,近 12 年京津冀及其南北部夏季高温日数均呈明显的线性减少趋势,其中河间和辛集的减少趋势值最大,达 -2.5 d/a。

参考文献

- [1] Solomon S, Qin D, Manning M, et al. Climate Change 2007: The Physical Science Basis[M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007: 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): 717-727.
- [3] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164-173.
- [4] 陈隆勋,朱文琴,王文,等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [5] 荣艳淑,罗健. 华北地区 1901~2002 年气候变化强度的演变[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2009, 37(3): 276-280.

- [6] 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.
- [7] 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): 323-333.
- [8] 孙建华,陈红,赵思雄,等. 华北和北京的酷暑天气 II. 模拟试验和机理分析[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 334-345.
- [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[J]. 气象, 2003, 29(9): 23-27.
- [10] 连志鸾,王丽荣. 2002 年夏季石家庄两类历史极端高温成因分析[J]. 气象科技, 2003, 21(5): 284-288.
- [11] 张尚印,宋艳玲,张德宽,等. 华北主要城市夏季高温气候特征及评估方法[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 383-390.
- [12] 钱婷婷,王迎春,郑永光,等. 造成北京连续高温的河套高压结构分析[J]. 应用气象学报, 2005, 16(2): 167-173.
- [13] 张德宽,姚华栋,杨贤为,等. 华北区年高温日数区域平均方法及趋势分析[J]. 高原气象, 2006, 25(4): 750-753.
- [14] 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.
- [15] 张迎新,张守保. 2009 年华北平原大范围持续性高温过程的成因分析[J]. 气象, 2010, 36(10): 8-13.
- [16] 刘学锋,李元华,秦莉. 河北省近 50 年最高气温及高温日数变化特征[J]. 气象科技, 2007, 35(1): 31-35.
- [17] 史印山,谷永利,林艳. 京津冀高温天气的时空分布及环流特征分析[J]. 气象, 2009, 35(6): 63-69.
- [18] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. J Geophys Res, 2006, 111, D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.
- [19] 李红梅. 近四十年中国盛夏降水和气温特性变化的观测分析和数值模拟[D]. 中国科学院研究生院硕士学位论文, 2007: 102.
- [20] 高荣,王凌,高歌. 1956-2006 年中国高温日数的变化趋势[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 177-181.
- [21] 魏风英. 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: 296.
- [22] 肖栋,李建平. 全球海表温度场中主要的年代际突变及其模态[J]. 大气科学, 2007, 31(5): 1-16.
- [23] 刘学锋,阮新,谷永利. 石家庄地区气温变化和热岛效应分析[J]. 环境科学研究, 2005, 18(5): 11-14.
- [24] 刘学锋,于长文,任国玉. 河北省城市热岛强度变化对区域地表平均气温序列的影响[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 763-770.
- [25] 初子莹,任国玉. 北京地区城市热岛强度变化对区域温度序列的影响[J]. 气象学报, 2005, 63(4): 534-540.
- [26] 马凤莲,黄嘉佑,李庆祥,等. 承德市的城市化对气温影响的研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2009, 45(4): 701-706.
- [27] 程玉琴,张少文,尤莉,等. 城市热岛效应和迁址对赤峰站温度的影响[J]. 气象, 2009, 35(12): 96-101.
- [28] 曹广真,侯鹏,毛显强. 北京市城市化对地表温度时空特征的影响[J]. 气象, 2010, 36(3): 19-26.
- [29] 周雅清,任国玉. 华北地区地表气温观测中城镇化影响的检测和订正[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 743-753.
- [30] 谢庄,王桂田. 北京地区气温和降水百年变化规律的探讨[J]. 大气科学, 1994, 18(6): 683-690.
- [31] 郑祚芳,王迎春. 北京夏季持续高温过程特征分析[J]. 气象, 2005, 31(10): 16-19.
- [32] 漆梁波. 近 10 年上海盛夏高温及热岛强度变化趋势[J]. 气象科技, 2004, 32(6): 433-436.
- [33] 郝立生,闵锦忠,姚学祥. 华北地区夏季降水减少的原因分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24(4): 522-527.