

文章编号:1004-4574(2007)03-0055-05

北京极端天气事件及其与区域气候变化的联系

郑祚芳¹, 张秀丽²

(1. 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089; 2. 空军气象中心, 北京 100843)

摘要:应用逐日观测资料分析了北京极端天气事件的变化及其与区域气候变暖的可能联系,得到了如下结论:(1)近 30 多年来高温和闷热事件在增加,低温、大风、雷暴和大雾事件在减少,暴雨和沙尘暴的出现频率无明显变化。(2)高温、闷热、低温、大风、雷暴和大雾存在着较强的年际变化,但不具有明显的周期性特征,暴雨和沙尘暴事件分别存在 10 年和 8~10 年的主周期变化。(3)年平均气温和高温、闷热、低温、大风等极端事件之间存在着较强的相关性,这些极端天气事件的变化与区域气候变暖关系密切。

关键词:气候变化;极端天气事件;北京

中图分类号:X43

文献标识码:A

Extreme synoptic events in Beijing and their relation with regional climate change

ZHENG Zuo-fang¹, ZHANG Xiu-li²

(1. Beijing Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing 100089, China;

2. Air Force Meteorological Center, Beijing 100843, China)

Abstract: Based on the daily weather observation data from 1951 to 2003, the change of extreme weather events and its possible relationship with the climate warming in Beijing was analyzed. Result shows that (1) The high temperature and frowzy events have a increasing trend in the last 30 years, but low temperature, strong wind, thunderstorm and thick fog have a decreasing trend. (2) The events of high temperature, frowzy weather, low temperature, strong wind and thunderstorm have a remarkable annual change but faint periodicity, the rainstorm and sand storm's variation are periodical, their main period are 10 years and 8~10 years. (3) There are high correlation between the annual average temperature and some extreme events of weather such as high temperature, frowzy weather, low temperature and strong wind.

Keywords: climate change; extreme synoptic events Beijing.

在各种自然灾害中,气象灾害发生频率最高,危害也较大。统计显示,从 1993 年到 2003 年的 10 a 间,气象灾害给我国国民经济带来的直接损失达 21 146 亿元,每年侵吞着国民经济总产值的 3%~6%^[1]。重大的气象灾害往往由诸如高温、干旱、暴雨、雷电、大风、低温等极端天气事件引发,如 1998 年长江流域连续暴雨导致的洪水,就曾使上千人失去生命,直接经济损失超过 3 000 亿元。2004 年仅台风“云娜”就造成 168 人死亡,受灾人口接近 2 000 万。

收稿日期:2005-07-11; 修订日期:2005-11-28

基金项目:科技部社会公益类重点资助项目(2003DIA6N017)

作者简介:郑祚芳(1972-),男,副研究员,主要从事城市气象灾害研究。E-mail:zfzheng@ium.cn

最近 10a 来,气候变暖背景下极端天气事件的变化引起广泛的关注。Bonsal 等^[2]的研究表明,过去几十年中,全球极端低温事件发生频率以及霜冻日数都有减少的趋势。Manton 等^[3]发现在东南亚和南太平洋地区,自 1961 年以来热日和暖夜显著增多,而冷日和冷夜却减少了。国内科学家的相关研究也揭示出一些有意义的事实,如严中伟等^[4]的研究指出,近 40 多 a 来我国北方极端最低气温普遍上升 5~10℃,冬季寒潮减弱,北方干旱主要表现为微量降水事件的显著减少,而强降水并无明显变化,在很多情况下,极端气候变化可达到气候平均变化的 5~10 倍。翟盘茂等^[5]利用逐日资料分析发现我国北方夜间极端低温事件在减少,白天极端高温在增加,华北强降水事件在减少。由于所用资料不同及地域气候的差异,有些结论不完全一致。比如周秀杰等^[6]的分析就发现,黑龙江省近几十年来强降水和大旱次数呈增加的趋势、极端高温和极端低温日数则明显减少。

北京是我国首都,所处地理位置特殊,各种自然灾害发生频繁。随着城市化进程的加快,城市所承受的压力不断加大。在同样的气候背景下,发生在城市的气象灾害损失要比郊区大很多,北京市因气象灾害造成的直接经济损失年均超过 10 亿元。目前关于北京气候变暖的研究工作已有很多,但对于极端天气事件的变化及其与区域气候变暖关系的研究还很少见。本文将利用逐日观测资料,分析北京极端天气事件的变化趋势,探讨其与区域气候变暖的可能联系。

1 资料和方法

所用气候资料为北京市气象局观象台 1951~2003 年的逐日实测值。由于前期对某些极端天气事件的记录不够完整,选取 1971~2003 年的日最高气温、最低气温、最大风速、降水量、雷暴、沙尘暴及大雾次数作为分析对象。这些信息涵盖了可能导致北京本地重大气象灾害的主要极端天气事件。研究方法包括趋势分析、相关分析和小波变换等手段。

2 近 50 年来北京气候变暖状况

图 1 给出的是北京地区自 1951 年以来的气温变化序列。可以很清楚的看到,北京的年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温均有升高的趋势,但升温幅度并不对称,年平均最低气温的增温幅度最大,为 0.48℃/10 a,年平均最高气温的增温幅度仅为 0.12℃/10 a。从各季节的变化趋势来看,升温幅度又以冬季为最大,达 0.54℃/10 a,其次是春季,为 0.43℃/10 a,夏、秋季相对较弱。表明北京区域气候增暖主要是由于冬、春季最低气温的增加造成的。这与严中伟等^[4]针对我国北方极端最低气温的研究和谢庄等^[7]对北京百年气候记录分析得到的结论是一致的。

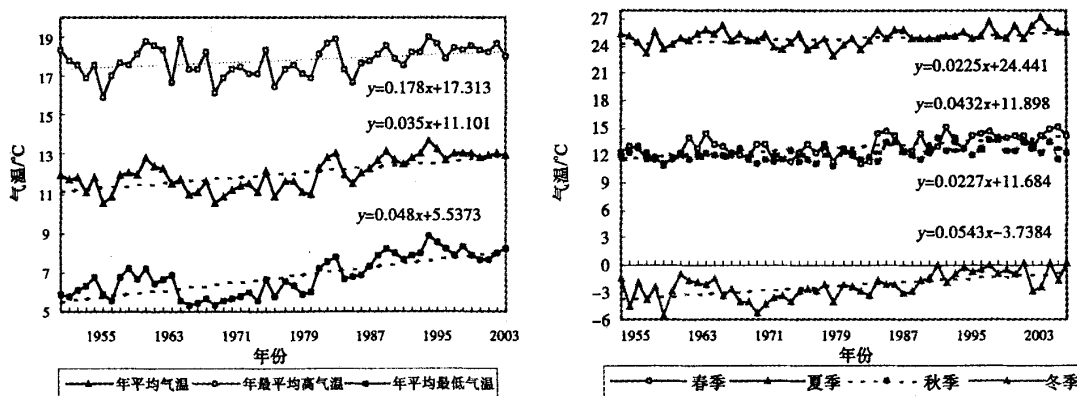


图 1 1951 年以来北京平均气温序列

Fig. 1 Yearly average air temperature sequence in Beijing since 1951

3 北京极端天气事件的出现规律

3.1 变化趋势

本文中对于极端天气事件的定义参考中国气象局制定的标准^[8],将日最高气温高于 35°C 定义为高温日,日最低气温高于 25°C 定义为闷热日,日最低气温低于 -10°C 定义为低温日,日最大风速大于 17 m/s 定义为大风日,日降水量大于 50 mm 定义为暴雨日,出现闪电或雷声时定义为雷暴,由于风沙原因导致水平能见度小于 1 km 时记为沙尘暴,由空气中水汽凝结或凝华而导致能见度小于 500 m 时定义为大雾事件。

图 2 给出的是 1971 年以来北京主要极端天气事件出现频率。可以很清楚的看到,近 30 多 a 来,北京的高温 and 闷热天气事件有增多的趋势,1990 年代以后这种增多趋势更为显著。计算其线性倾向率得到它们年平均增加量分别为 0.32 次和 0.28 次。与之相反的是,低温、大风、雷暴和大雾事件均存在不同程度的下降趋势。下降幅度较明显的分别是大风、低温和大雾事件,平均每年减少 0.85 次、1.24 次和 0.5 次。其次是雷暴,平均每年减少 0.24 次。暴雨和沙尘暴事件的出现频率近 30 多 a 来没有明显的变化,波动幅度也很小。表明近年来北京的干旱也主要是由于弱降水事件的减少造成的。

另外,从极端天气事件出现的年际变化来看,高温、闷热、大风、低温、雷暴、大雾等事件具有较大的变化幅度,最大均在 15 次以上。尤其是大雾,其年际变化可达 45 次(1980 年为 51 次,1981 年仅有 6 次)。暴雨的年际变化幅度最小,最大仅为 4 次。

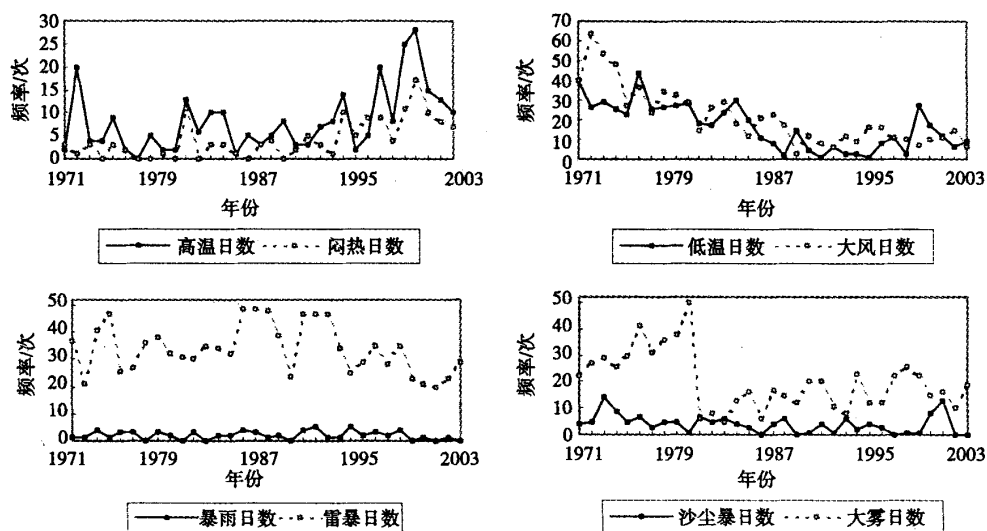


图 2 1971 年来北京主要极端天气事件出现频率

Fig. 2 Yearly frequency of main extreme synoptic events in Beijing since 1971

3.2 周期性特征

研究表明^[9],将小波变换用于气候时间序列分析时,小波系数的变化趋势与气候信号的起伏是基本一致的,等值线中心可代表波动的峰谷位置,中心值的大小可以反映出波动的振荡强度。本文采用 Morlet 小波变换,分析前先对资料序列进行了标准化。

计算发现,具有较强年际变化的极端天气事件如高温、闷热、低温、大风、雷暴、大雾的周期性特征很凌乱,难以辨别,或者说不存在明显的周期性变化。年际变化较弱的事件如暴雨、沙尘暴的周期性特征较明显(图 3),并且其周期具有自相似特征,主周期中包含着时间尺度更小的次周期。对于暴雨事件来说,除存在 10a 左右主周期外,还包含 5~6a 和 2~3a 的次周期。从其变化趋势来看,北京目前处于强降水偏少时段的末端,即将进入下一个相对多暴雨时期。而对于沙尘暴来说,除存在 8~10a 左右主周期外,不同时段具有不同尺度的次周期,其中 1980 年代前以 4~5a 的次周期为主,1980 年代以后的次周期以 6~8a 较为明显,目前

正处在沙尘暴偏少时段。

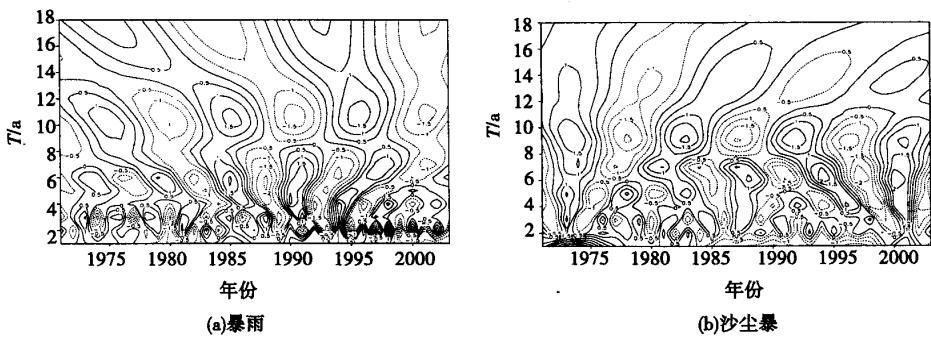


图3 北京极端天气事件的周期性特征
Fig. 3 Periodic characters of extreme synoptic events in Beijing (left:rainstorm; right:sand storm)

4 极端天气事件与区域气候变暖的可能联系

当前全球气候变暖已经成为一种共识,北京的气候变化有同样的趋势^[7]。区域气候变暖与极端天气事件之间是否存在某种联系,是一个值得探讨的问题。表1给出的是1971-2003年来北京年平均气温与各种极端天气事件发生频率的相关系数,从中可以发现如下事实:

- (1)年平均气温与高温、闷热天气日数的正相关系数,以及其与低温、大风日数的负相关系数均超过0.001的信度标准。而与其他灾害性天气事件如暴雨、雷暴、沙尘暴和大雾的相关性并不明显。
- (2)在各类极端天气事件之间,高温与闷热、大风与低温、大风与沙尘暴之间的正相关系数以及高温与雷暴之间的负相关系数也超过0.001的信度标准。

表1 北京年平均气温与极端天气事件的相关系数 (*表示信度超过0.001标准)
Table 1 Correlation coefficients of annual average air temperature with extreme synoptic events in Beijing
(* means the statistical significance with a confidence level of 0.001)

	高温日	闷热日	低温日	暴雨日	大风日	雷暴日	沙尘暴日	大雾日
平均气温	0.458 *	0.485 *	-0.757 *	0.086	-0.733 *	-0.199	0.128	-0.141
高温日	1	0.721 *	-0.023	-0.187	-0.165	-0.636 *	0.007	-0.223
闷热日		1	-0.209	0.142	-0.410	-0.433	0.046	-0.277
低温日			1	-0.280	0.638 *	-0.251	0.307	0.421
暴雨日				1	-0.108	0.277	0.042	0.056
大风日					1	-0.039	0.497 *	0.329
雷暴日						1	-0.054	-0.099
沙尘暴日							1	0.075

前文分析表明,北京区域气候的增暖表现为非对称性特征,以冬、春季最低气温的上升为最为明显。基于以上分析事实,从统计学角度上可以认为,北京冬、春季区域气候变暖与冷空气活动的频繁程度有一定的联系。一方面,冷空气活动的减少必然导致极端低温事件和强沙尘暴事件的减少,这种后果对冬、春季平均最低气温增加将有正的贡献。相应的,高温和闷热天气事件的增多对夏季平均最高气温的上升也会有一定的影响,这些变化的结果部分地抬升了区域的平均气温。当然,导致气候变暖的因素有很多,极端事件的变化只是其中的因子之一。从另一个角度看,气候平均值的改变可能会直接影响到温度极端值的变化,例如温度平均值的变化会直接影响到极端高温/低温事件出现的频率和强度。对于符合正态分布的温度,其平均值的上升可以导致新的高温事件。

气候变率的改变是导致极端气候事件发生变化的另一个原因,在平均值保持不变的情况下,气候变率的增加也意味着极端气候事件的增加。为了进一步分析北京区域气候变暖与极端天气事件的变化差异,计算了年平均气温以及与其有较强相关性的高温、低温和大风等事件不同年代的气候平均态和气候变率(表 2)。可见近 30a 来,北京区域年平均气温保持平稳上升态势,极端天气事件也存在一致性增多(如高温)或减少(如低温和大风)的趋势。而气温的变率并没有明显的改变。在气温拥有高平均值和低气候变率的 1990 年代,高温事件显著增多,低温、大风事件明显偏少。说明北京极端天气事件的变化主要与气候变暖有关,而不是由气温的变率增大而引发。另外还可发现,极端事件的年代际气候变率随机性较强,与其出现频率并无明显的相关性特征。

表 2 北京年平均气温与高温、低温、大风等极端天气事件的年代际变化特征
Table 2 Decade change characters of annual average air temperature and extreme synoptic events — high temperature, low temperature and gale in Beijing area

年份	年均气温/℃ (标准差/℃)	年均高温天数/d (标准差/d)	年均低温天数/d (标准差/d)	年均大风天数/d (标准差/d)
1971 - 1980	11.35 (0.38)	5.0 (5.5)	29.3 (6.6)	39.0 (12.1)
1981 - 1990	12.45 (0.50)	6.4 (3.5)	15.0 (8.2)	17.6 (7.2)
1991 - 2000	13.01 (0.32)	12.0 (8.8)	9.0 (7.9)	10.7 (3.2)

5 结论和讨论

本文应用逐日观测资料,分析了北京极端天气事件的变化趋势,简要分析了其与区域气候变暖的可能联系,得到如下初步结论:

(1)近 30 多 a 来北京的高温 and 闷热事件有增多的趋势,低温、大风、雷暴和大雾事件存在下降趋势,暴雨和沙尘暴的出现频率没有明显的变化。

(2)高温、闷热、低温、大风、雷暴、大雾存在较强年际变化但不具备明显的周期性特征。暴雨和沙尘暴事件的年际变化较小并且分别存在 10a 和 8 ~ 10a 左右的主周期及时间尺度更小的次周期变化。

(3)北京年均气温和高温、闷热、低温、大风等极端事件之间存在较强的相关性。分析表明,与温度相关的极端天气事件的变化与区域气候变暖关系密切。极端高温/低温事件的增加/减少对气温平均值的上升有正的贡献,气温平均值的上升又可以导致新的高温事件。

随着城市规模的扩张和经济的发展,极端天气事件在城市造成的损失日益加剧。弄清极端天气事件的出现规律,对于城市减灾防灾是一项重要的工作。此外,城市化进程使得一些非传统意义上的强天气过程开始演变为“城市气象灾害”,如 2001 年 12 月 7 日下午北京下了一场仅为 1.8mm 的降雪,却引起了城市大面积交通瘫痪,影响十分严重。对于此类高影响天气的致灾机理研究,也应该进一步加强。

参考文献:

[1] 秦大河. 气候变化的事实、影响及对策[J]. 科技和产业, 2002, 2(11): 25 - 28.
[2] Bonsal B R, Zhang X B, Vincent L A, et al. Characteristics of daily and extreme temperature over Canada[J]. Climate, 2001, 5(14): 1959 - 1976.
[3] Manton M J, Della - Marta P M, Haylock M R, et al. Trend in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961 - 1998[J]. J Climatol, 2001, 21: 269 - 284.
[4] 严中伟, 杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 267 - 272.
[5] 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.
[6] 周秀杰, 张桂华, 郑红, 等. 黑龙江省气候变暖对极端天气气候事件的影响[J]. 气象, 2004, 30(11): 12 - 17.
[7] 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.
[8] 中国国家气象局. 重要天气预报质量评分办法[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 15 - 57.
[9] 邓自旺, 尤卫红, 林振山. 子波变换在全球气候多时间尺度变换分析中的应用[J]. 南京气象学院学报, 1997, 20(4): 505 - 510.