

文章编号: 1004 - 4574(2012)01 - 0047 - 06

近 50 年北京地区主要灾害性天气事件变化趋势

郑祚芳¹, 张秀丽², 丁海燕¹

(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 1958 - 2008 年逐日气象观测资料, 对北京地区的几种主要灾害性天气事件进行了统计分析。结果表明: (1) 各种灾害性天气事件的发生频率与强度均具较大的年际变化特征, 高温事件的分布为双峰型结构, 1990 年代以来为高温多发期, 年极端高温强度及连续高温日数均有增加的趋势, 低温事件的变化趋势则正好相反; (2) 强对流天气事件如暴雨、冰雹、雷暴日数的下降趋势不明显, 但强度有减弱的迹象, 大风、沙尘暴、大雾事件下降趋势明显; (3) 北京年酸雨日数上升趋势明显, 酸雨 pH 值的变化表明污染日趋严重; (4) 北京气候变暖突变发生后某些极端天气频率和强度表现出明显差异, 其突变点相差 1 ~ 2 a 间隔, 表明极端事件对于气候增暖变化需要一个响应过程。

关键词:北京; 灾害性天气事件; 变化趋势

中图分类号: P429

文献标志码: A

Change trend of extreme weather events in Beijing area in recent 50 years

ZHENG Zuofang¹, ZHANG Xiuli², DING Haiyan¹

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

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

Abstract: Based on the daily meteorological observation station data from 1958 to 2008, the trends of extreme weather events in Beijing area were analyzed. Result shows that (1) All kinds of the extreme weather events have remarkable annual change on intensity and frequency. High temperature events and their intensities have a trend of increasing in the last 50 years, which means that, nowadays high temperature events are in a relatively highly-occurred period, while low temperature events are on the contrary. (2) The strong convection events such as rain-storm, hailstone and thunderstorm have no remarkable annual change, but weaken in intensity. Strong wind, sand storm and dense fog events decrease remarkably in the last 50 years. (3) The amount and intensity of the acid rain events increase significantly. (4) There are obvious differences in intensities and frequencies of extreme weather before and after abrupt weather warming, and the abrupt change of extreme temperature indices in the 1990s is 1 ~ 2 years later than the abrupt temperature change. That is to say, the process of abrupt temperature change might be the intermediate of the extreme temperatures from one stationary period to another stationary one.

Key words: Beijing; extreme weather events; change trend

统计表明, 自 2001 年至 2008 年, 我国自然灾害造成的损失占 GDP 的 2.8%。在各种自然灾害中, 气象灾害发生频率最高, 危害也较大^[1]。灾害性天气事件虽然属于小概率事件, 但它影响制约着社会和经济的发展, 直接威胁到人类赖以生存的生态环境, 因此越来越受到各国政府和国际机构的重视。最近 10 a 来, 气

收稿日期: 2010 - 06 - 12; 修回日期: 2010 - 10 - 11

基金项目: 财政部公益性科研院所专项资助项目(IUMKY200905); 城市气象研究基金项目(UMRF200908)

作者简介: 郑祚芳(1972 -), 副研究员, 硕士, 主要从事区域气候变化研究。E-mail: zfzheng@163.com

候变暖背景下灾害性天气事件的变化开始引起人们的关注。如 Bonsal 等^[2]的研究表明,过去几十年中,全球灾害性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。严中伟等^[4]通过对我国气候异常区域的研究发现,近 40 多 a 来我国北方灾害性最低气温普遍上升 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。翟盘茂等^[5]利用逐日资料分析也发现我国北方夜间灾害性低温事件在减少,白天灾害性高温在增加。由于地区差异,各地灾害性天气事件的分布也有明显的不同。如周秀杰等^[6]分析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,灾害性高温和灾害性低温日数则明显减少。随着城市化进程的加快,在同样气候背景下,发生在城市的气象灾害损失要比郊区大很多。目前关于北京气候变暖的工作已有很多^[7-8],但关于灾害性天气事件的统计分析则较少涉及,本文将应用 1958-2008 年逐日气象观测资料,分析北京地区几种主要灾害性天气事件的变化趋势。

1 资料及方法

所用资料为北京市气象信息中心提供的 1958-2008 年逐日气象观测资料(其中气温资料由国家气候中心进行均一化订正后下发)、北京市气象局大气成分中心提供密云上甸子国家大气本底站 1982-2008 年酸雨观测资料。选取其中的高温、低温冻害、大风、暴雨、冰雹、雷暴、沙尘暴、大雾、酸雨天气过程为统计对象,这些信息涵盖了可能导致北京重大气象灾害的主要灾害性天气事件。关于灾害性天气事件的定义,参考中国气象局制定的《重要天气预报质量评分办法》,将北京南郊观象台国家基本站日最高气温高于 35℃ 定义为高温日;日最低气温低于 -10℃ 为低温冻害日;日最大风速大于 17 m/s 定义为大风日;在 1 d 内出现雷声并可见闪电时定义为雷暴日;由于风沙原因导致水平能见度小于 1 km 记为沙尘暴事件;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。此外,考虑到强对流天气具有的局地性特征,将北京地区(图 1)任意一观测站点(含常规气象站、自动气象站、水文站)日降水量大于 50 mm 过程定义为暴雨日;将本市任一区县出现降雹或多个区县同日降雹均定义为一个雹日。



图 1 北京地区气象站点分布

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in Beijing area

由于一些要素具有观测记录的年限有所不同,本文在分析与气温及降水有关的天气事件时应用的是 1958-2008 年的观测记录,对于冰雹、雷暴、大风、沙尘暴、雾等事件的分析基于 1971-2008 年的记录(1971 年以前的观测记录不连续),酸雨观测则自 1982 年开始才有完整的记录。

本文所用统计方法包括线性趋势分析及 M-K 突变检验分析。其中线性趋势分析用来探讨各类灾害性天气的出现频率及年际变化趋势,M-K 突变检验用于检测灾害性天气事件及同期北京地区气候增暖的突变性特征。M-K 突变检验是气候学上一种常用的非参数统计检验方法,其优点在于不需要样本遵从一定的统计分布,也不受少数异常值的干扰,更适用于类型变量和顺序变量^[9]。

2 北京地区主要灾害性天气事件的变化规律

2.1 高温酷暑与低温冻害

北京地区的高温天气大多出现在每年的 6、7 月份。图 2(a) 给出的是 1958-2008 年北京地区高温日数、连续高温日数及极端高温的年际变化图。可见每年出现的高温日数差异很大,最多年份高温日数多达 26 d(如 2000 年),有的年份则无高温日(1977 年)。高温事件的分布为双峰型结构,以 20 世纪 60 年代和 90 年代高温天气出现较多。90 年代年均高温日数平均 9.6 d,比 70 年代(年均 3.5 d)、80 年代(年均 4.8 d)多 1 倍以上。从连续高温日数来看,也是 20 世纪 60 年代和 90 年代较明显,其中 1997 年 7 月 8-15 日和 1999

年 6 月 24 日至 7 月 2 日, 高温持续长达 8 d。2001 - 2008 年出现高温日数仍然较多, 年均达到 9 d。

与此同时我们还可以看到 20 世纪 90 年代以来北京的高温有加强的趋势, 表现在年极端高温值的幅度在升高。统计表明, 日最高气温 $T_{max} \geq 39^{\circ}\text{C}$ 的高温酷热天气, 20 世纪 90 年代共出现 5 d, 2001 - 2008 年共出现 3 d, 分别是 2001 年 7 月 11 日 (39.6°C)、2002 年 7 月 14 日 (41.1°C) 和 2002 年 7 月 15 日 (39.6°C)。这种情况的出现与近年来整个华北增温的气候背景和随着北京城市规模的不断扩大, 城市“热岛效应”不断加强有关。

图 2 (b) 给出的是北京地区日最低气温低于 -10°C 日数及日极端低温的年际变化。可见低温日数在 20 世纪 60 - 70 年代为多发期, 1965 - 1969 年连续 5 a 低温日均超过 40 d, 其中 1967 年的低温日数达到 52 d。而 1990 年代以来低温日数明显减少, 甚至在 1992 年和 1995 年均没有出现过日最低气温低于 -10°C 的情况。从其线性趋势来看, 近 50 a 来北京地区低温日数平均下降 6.4 d/10 a。近 50 a 来日极端低温则有上升的趋势, 平均达到 $1.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。这与近几十年来的全球气候变暖导致的冬季最低气温的升高有密切的关系。

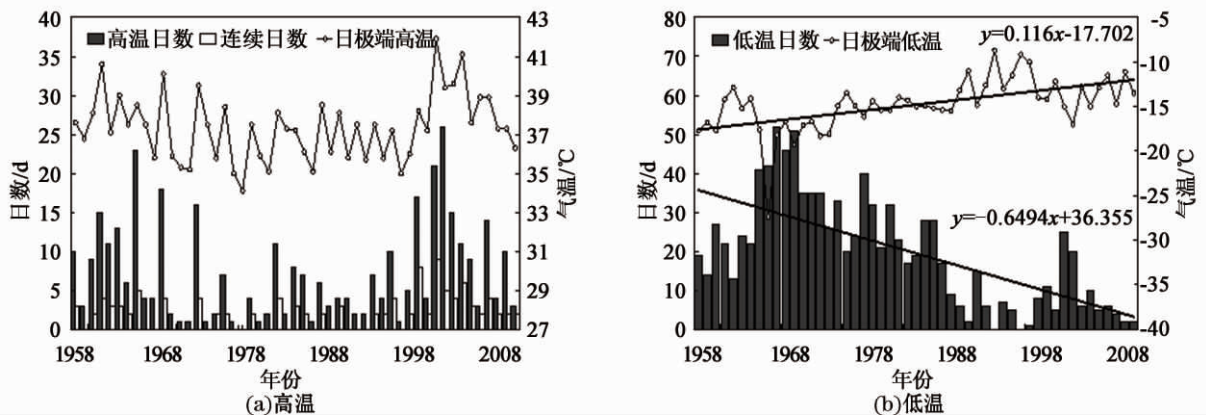


图 2 北京地区灾害性冷暖事件的年际变化

Fig. 2 Inter-annual change of disastrous cold/warm events in Beijing area

2.2 暴雨

通过对历年暴雨的统计分析表明, 北京地区暴雨可出现在春、夏、秋这 3 个季节, 但主要集中在夏季, 尤其是 7 月上旬至 8 月中旬。由图 3 可见, 近 50 a 来北京地区暴雨日数减少的趋势并不明显, 但是暴雨日的年际变化很大, 最多的年份的达到 25 d (1991 年), 最少的年份暴雨日数仅为 2 d (1981 年), 平均每年 14.4 个暴雨日。从年暴雨强度 (日最大降水量) 来看, 北京暴雨不仅强度大 (1972 年 7 月 27 日的日降水量达到 479.2 mm), 其年际变化也大。近 50 a 来极端降水强度有减弱的趋势。由于灾情与暴雨发生地人口和财产的密度成正比, 因此城区局地暴雨造成的影响更为严重。

2.3 冰雹和雷暴

1971 - 2008 年期间, 北京地区平均每年出现 15.4 个降雹日。降雹事件存在较强的年际变化, 最多的年份达到 35 d (1986 年), 最少的年份为 6 d (1982 年)。初雹日最早出现在 3 月 22 日, 最晚终雹日为 11 月 7 日, 雹季长达 7 个多月, 在此期间降雹主要出现在 5 - 9 月, 以 6 月为最多。从图 4 中还可以看出, 冰雹日数在 20 世纪 80 年代到 90 年代初期呈上升趋势, 之后开始下降, 但在近几年又有弱上升趋势。

统计表明, 北京地区雷暴事件主要发生在 5、6、7、8 月份, 夏季雷电灾害占全年的 65.7%。从其年际变化 (图 4) 可以看出, 近 38 a 来北京地区平均每年的雷暴日数为 33.5 d, 在 1974、1985 和 1992 年前后雷暴日较多, 可达到 49 d/a, 最少的年份也有 20 d (2001 年)。总体上看, 北京地区雷暴日略有减少的趋势, 平均减少幅度约为 2.3 d/10 a。

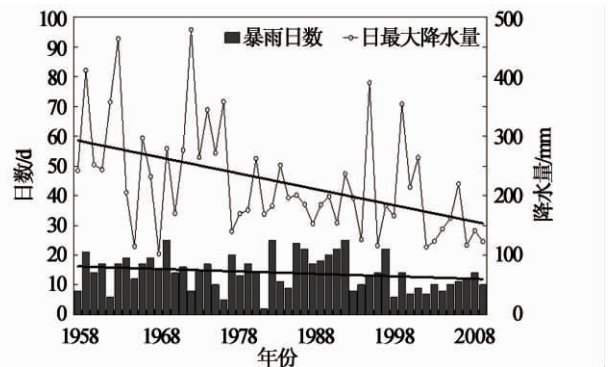


图 3 北京地区暴雨日数及日最大降水量的年际变化

Fig. 3 Inter-annual change of rainstorm days and daily maximum precipitation in Beijing area

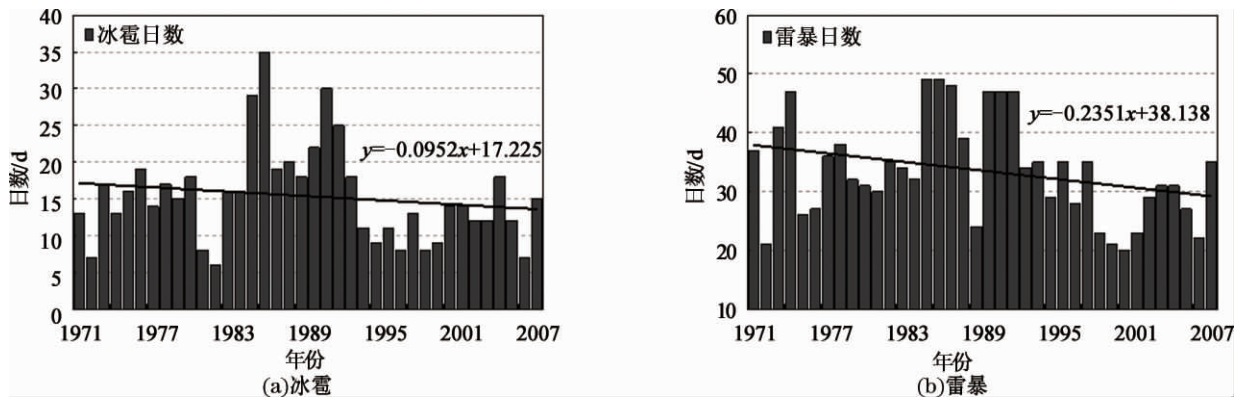


图 4 北京地区冰雹和雷暴日数的年际变化

Fig. 4 Inter-annual change of hail and thunderstorm days in Beijing area

2.4 大风和沙尘暴

大风在气象上定义为瞬时风速大于 17 m/s (8 级) 的风, 由于其往往发生突然且持续时间短, 对人身和财产安全构成极大威胁。大风天气事件的年际变化较大, 其中 1962 年的大风日达到 64 d, 1989 年仅为 3 d。整体上看下降趋势明显, 降幅达平均 10.6 d/10 a。

北京地区沙尘暴事件相对较少, 其变化趋势与大风事件类似, 表现在年际变化非常大。1960 年代是沙尘暴事件的多发年代, 极端年份如 1966 年曾出现过 20 次沙尘暴。1990 年之后北京很少出现沙尘暴, 2001 年以来的近 8 a 中, 北京地区不曾观测到沙尘暴(如图 5 所示)。

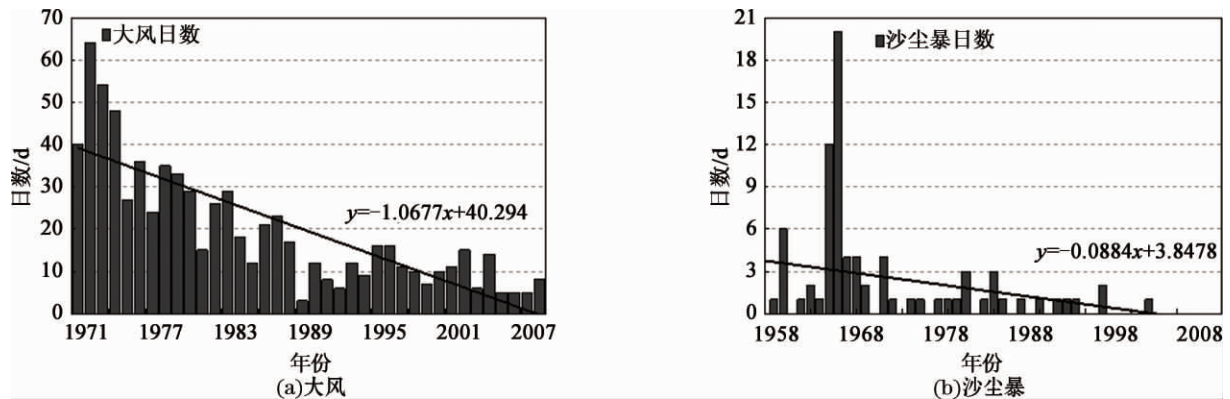


图 5 北京地区大风和沙尘暴日数的年际变化

Fig. 5 Inter-annual change of strong wind and sandstorm days in Beijing area

2.5 雾和酸雨

随着社会经济的发展和城市化进程的加快, 大雾天气对人们的影响日趋明显, 成为公路、铁路、航运的一大灾害。大雾天气引发的严重空气污染还威胁到人们的身体健康。从图 6 (a) 可见, 自 1971 - 1981 的 11 a 中, 北京年均大雾日数达 31.8 d, 其中 1981 年达 51 d。自 1982 年开始大雾日数明显减少, 最近 9 a 来大雾日数均不超过 10 d。统计还表明, 北京的大雾主要出现在每年秋季, 其次为冬季, 秋、冬季的大雾日数合计占全年的 76% 以上。

酸雨是指被大气中存在的酸性气体污染, pH 值小于 5.65 的酸性降水。图 6 (b) 给出的是上甸子国家大气本底站 1982 - 2008 年酸雨观测的年际变化。可见在有观测的近 27 a 来, 北京年酸雨日数上升趋势明显, 平均增幅达 10 d/10 a。最近 5 a 来, 平均每年出现的酸雨日数达 31.2 a, 其中 2008 年就观测到 46 个酸雨日。此外, 从逐年酸雨最小 PH 值的变化来看, 自 1982 年开始酸雨观测以来, 北京地区的酸雨是在逐渐增强的, 表明酸雨污染日趋严重。

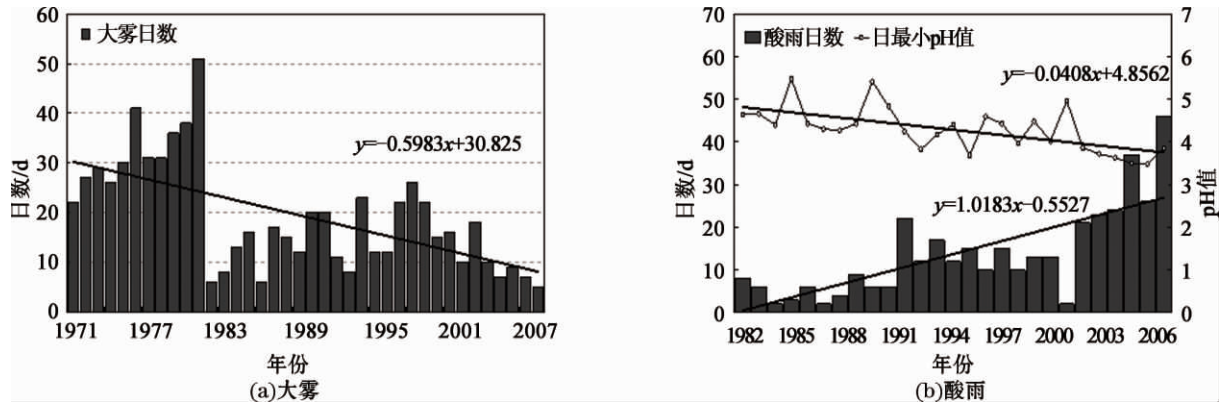


图 6 北京地区大雾及酸雨的年际变化

Fig. 6 Inter-annual change of dense fog and acid rain days in Beijing area

3 气候突变对灾害性天气事件的影响

M - K 检验是一种常用的检测气候突变的非参数统计检验方法,其优点在于不需要样本遵从一定的统计分布,也不受少数异常值的干扰。图 7 给出的是年高温日数 M - K 突变检验曲线,图中 UF(UB) 曲线在零线以上(下)表示呈增加(减小)趋势。超过临界线,表明上升或下降趋势显著。在临界线之间,UF 和 UB 曲线的交点所对应时刻为突变开始时间。可见自 1970 年代末以来,北京年高温日数呈逐步增加趋势,UF、UB 曲线交点出现在 1995 年,即 1995 年以来高温事件的增多为一种突变现象。类似的,应用该方法对其他几类天气事件进行了检验。发现年极端高温强度在 1995 年、低温冻害日数在 1994 年、暴雨日数在 1995 年亦有突变发生。此外还发现,北京年平均气温在 1993 年前后发生过一次以变暖性突变。

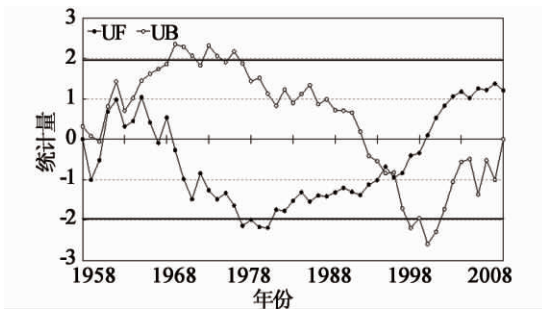


图 7 北京年高温日数 M - K 统计量曲线 (直线为 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值)

Fig. 7 M - K statistic curves of annual high temperature days in Beijing

表 1 气候突变对几类主要灾害性天气发生率的影响
Table 1 Influence of abrupt climate change on frequency of major disastrous weather

	1993 年 之前	1994 - 2008 年	变暖对事 件的影响
高温日数 / (d · a ⁻¹)	5.97	10.21	显著增加
连续高温日数 / (d · a ⁻¹)	1.50	3.67	显著增加
年极端高温 / °C	37.01	38.13	不明显
低温冻害日数 / (d · a ⁻¹)	24.53	7.33	显著减少
年极端低温 / °C	-15.56	-12.97	升高
暴雨日数 / (d · a ⁻¹)	15.33	11.13	减少
日最大降水量 / (mm · d ⁻¹)	237.36	188.79	减少

以往关于灾害性天气与气候突变的联系研究很少。众多分析表明^[7-8],近 50 a 来北京年平均气温呈上升趋势。随着这种变暖,各种灾害性天气事件发生频率及强度变化已在前文中予以讨论。为探讨气候变暖对灾害性天气的影响,计算了变暖突变前后几种主要灾害性天气发生频度和强度(表 1)。可见在变暖突变点发生后,年高温频数(包括连续高温日数)在显著增加,年极端高温强度变化不明显,年低温频数则显著减少,年极端低温强度、暴雨强度及频率均呈减弱趋势。

前文分析亦表明,不仅是气温,近 50 a 来一些灾害性天气事件频率也发生过突变,其突变时间点大多落后年平均气温 1 ~ 2 a 时间。龚志强等^[10]在探讨中国区域气温极端事件时,亦有类似发现。很可能表明,灾害性天气对于气候增暖的变化需要一个响应过程。气候突变期间系统极不稳定,相应的气象要素变化剧烈,会导致某些灾害性天气事件频度、强度发生变化。虽然,温度平均值的变化会直接影响到极端高温低温事件,但是由于平均值和变率之间复杂的相互作用,使得由平均温度变化引起的极端高温、低温事件的变化也显得复杂化。此外,降水的变化还受区域或局地地理状况及下垫面特征的影响,因而更显复杂。

4 结论和讨论

应用 1958 – 2008 年逐日气象观测资料,分析了近 50 a 来北京地区几种主要灾害性天气事件的变化趋势。结果表明:

(1) 各种灾害性天气事件发生的日数及其强度均具有较大的年际变化特征。高温事件的分布为双峰型结构,1990 年代以来为高温多发期,年极端高温强度及连续高温日数均有增加的趋势,低温冻害事件的变化趋势与之相反。

(2) 强对流天气事件发生频率如暴雨、冰雹、雷暴下降趋势不明显,但强度有减少的迹象。大风、沙尘暴、大雾事件下降趋势明显,其中大风事件下降幅度达到平均 10.6 d/10 a,且自 2001 年以来北京地区不曾出现沙尘暴事件。

(3) 近 27 a 来,北京地区的年酸雨日数上升趋势明显。最近 5 a 来平均年酸雨日达到 31.2 d。酸雨最小 pH 值的变化表明酸雨污染日趋严重。

(4) 应用 M – K 检验发现,近 50 a 来北京气候变暖及高温、低温、暴雨事件均检测出有突变发生,主要的突变时间点出现在 1993,1994,1995 年前后。

(5) 北京气候变暖突变发生前后某些极端天气频率和强度表现出明显差异,表明气候变暖对其是有影响的。此外,它们突变点之间相差 1 ~ 2 a 间隔,可能表明极端事件对于气候增暖变化需要一个响应过程。

参考文献:

- [1] 王维国,王秀荣. 2007 年城市极端天气事件及其危害分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 16 – 21.
WANG Weiguo, WANG Xiurong. Analysis about extreme weather events and their endangerment of city in 2007 [J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(4): 16 – 21. (in Chinese)
- [2] Bonsal B R, Zhang X B, Vincent L A, et al. Characteristics of daily and extreme temperature over Canada [J]. 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]. Int. J. Climatology, 2001, 21: 269 – 284.
- [4] 严中伟,杨赤. 近几十年中国灾害性气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 267 – 272.
YAN Zhongwei, YANG Chi. Geographic patterns of extreme climate changes in China during 1951 – 1997 [J]. Climatic and Environmental Research, 2000, 5(3): 267 – 272. (in Chinese)
- [5] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水灾害性事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 1 – 10.
ZHAI Panmao, PAN Xiaohua. Change in extreme temperature and precipitation over Northern China during the second half of the 20th century [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(S): 1 – 10. (in Chinese)
- [6] 周秀杰,张桂华,郑红,等. 黑龙江省气候变暖对灾害性天气气候事件的影响[J]. 气象, 2004, 30(11): 12 – 17.
ZHOU Xiujie, ZHANG Guihua, Zheng Hong, et al. Effect of climate warming for the extreme weather climate event in Heilongjiang Province [J]. Meteorological Monthly, 2004, 30(11): 12 – 17. (in Chinese)
- [7] 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.
CHU Ziyang, REN Guoyu. Change in urban heat island magnitude and its effect on mean air temperature record in Beijing region [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005, 63(4): 534 – 540. (in Chinese)
- [8] 丁海燕,郑祚芳,刘伟东. 北京 1951 – 2008 年升温趋势和季节变化[J]. 气候变化研究进展, 2010, 6(3): 187 – 191.
DING Haiyan, ZHENG Zuofang, LIU Weidong. Warming trend and seasonal variation in Beijing during 1951 – 2008 [J]. Advances in Climate Change Research, 2010, 6(3): 187 – 191. (in Chinese)
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 63 – 66.
WEI Fengying. Modern Climatological Statistics and Forecasting Technique [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 63 – 66. (in Chinese)
- [10] 龚志强,王晓娟,支蓉,等. 中国近 58 年温度极端事件的区域特征及其与气候突变的联系[J]. 物理学报, 2009, 58(6): 4342 – 4353.
GONG Zhiqiang, WANG Xiaojuan, ZHI Rong, et al. Regional characteristics of temperature changes in China during the past 58 years and its probable correlation with abrupt temperature change [J]. Acta Physica Sinica, 2009, 58(6): 4342 – 4353. (in Chinese)