

北京奥运会期间极端天气的气候统计分析

丁德平 王春华 李 迅 刘 燕 刘一芬 谢 庄

(北京市气象局, 100089)

提 要: 利用 1971—2007 年观象台、海淀、丰台、朝阳和顺义的气象要素资料, 对北京奥运期间 8 月 8—24 日的极端天气事件进行了统计分析, 结果表明: 观象台极端最高气温为 37.3°C , 年 $T_{\max} > 36.0^{\circ}\text{C}$ 的出现概率为 5%, 呈明显的上升趋势, 上升率为 $0.69^{\circ}\text{C}/10$ 年, 目前处在偏高期。城郊 5 站 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的平均日数为 2.8 天, 变化趋势基本一致, 目前处在日数偏多期, 每年平均高温闷热 ($T_{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$ 且平均相对湿度 $\geq 55\%$) 天气日数为 4.7 天。观象台日最大降雨量中出现雨量 $\geq 25\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的概率高达 68%, 城郊 5 站雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的平均降雨日为 1.1 天, 观象台日最大降雨强度的最大值为 $156.2\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。城郊 5 站平均雷暴日数为 3.7 天, 上述三要素均处在低值期。10 分钟平均风速 $\geq 7\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的大风日数城郊 5 站为 1.2 天, 目前处在风速较小期。城郊 5 站平均大雾日数为 0.7 天, 观象台低能见度 $\leq 2000\text{m}$ 的日数从 1990 年代平均 3.9 天降到 2000—2007 年的 1.5 天, 目前处在日数较少期。

关键词: 极端天气事件 低能见度 趋势

Climatic and Statistical Analysis on Extreme Weather Events During Beijing Olympic Games

Ding Deping Wang Chunhua Li Xun Liu Yan Liu Yifen Xie Zhuang

(Beijing Meteorological Bureau, 100089)

Abstract: Beijing 2008 Olympic Games will be held on 8—24 August. The extreme weather events in this period were analyzed by using the data of Beijing Observatory, Chaoyang, Fengtai Shunyi Meteorological Stations from August 8—24 (1971—2007), and Haidian Meteorological Station (1975—2007). The results show that the maximum high temperature (T_{\max}) at Beijing Observatory was 37.3°C and the occurrence probability of annual $T_{\max} > 36.0^{\circ}\text{C}$ is 5%. The annual variation of T_{\max} obviously appears an ascending trend with the rate of $0.69^{\circ}\text{C}/10\text{a}$. It means that the temperature nowadays is in a relatively higher period, the annual mean days of $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ at

five stations is 2.8 with same increasing trend. The annual mean muggy days ($T_{\max} \geq 32.0^{\circ}\text{C}$ with the relative humidity $\geq 55\%$) is 4.7. The occurrence probability of daily rainfall ($R \geq 25\text{mm}$) at Beijing Observatory can reach to as high as 68%, the mean number of raining days ($R \geq 25\text{mm}$) for five stations is 1.1. The maximum daily precipitation intensity is 156.2mm/d. The mean day of thunderstorm is 3.7. These three factors mentioned above are in a lower-value periods. The mean day of strong wind (averaged wind speed $\geq 7\text{m/s}$ in 10 min) at five stations is 1.2, and is also in a slower-speed period. The foggy day is 0.7. The day of low visibility $\leq 2000\text{m}$ at Beijing Observatory goes down from 3.9(1990—1999) to 1.5(2000—2007), also in a fewer-occurrence period.

Key Words: extreme weather events low visibility Beijing 2008 Olympic Games

引 言

随着第 29 届奥运会即将临近,该期间北京的天气成为国内外关注的焦点。北京位于中纬度季风气候区,是冬季风和夏季风交替活动的地区。夏季受来自低纬度洋面的暖湿气流影响,加上北京背山面海的特殊地形,导致北京地区的降水具有年际差异大,季节分布不均,夏季降水强度大等特点。北京的主汛期在 7 月下旬至 8 月上旬^[1],雨热同季。由于每年环流形势及影响系统差异也很大,夏季风进退早晚及势力强弱年际差异较大,即每年的同一时段由于受不同的天气系统影响,造成各年雨季的早晚、雨量的多少和气温的高低变化很大。

气象条件与体育运动成绩关系十分密切,良好的气象条件和较完善的气象服务,是奥运会成功举办的关键性因素之一。研究表明北京奥运期间的气象条件对奥运会的举办较为有利,出现不利影响的天气概率较小^[2-3],但是这类天气即便是偶然出现,对奥运会期间各项活动的影响也不可低估。毕竟北京奥运会期间(8 月上旬末至下旬前期)仍然处在夏季的中-后期,曾经出现过一些不利比赛安排和优异成绩产生的极端天气事件,如高温、高温闷热、大-暴雨、雷暴、大风和雾

等。通过对历史同期发生的极端天气事件的分析研究,可以加强对这类极端天气事件出现的可能性、严重性和危害性的认识和警惕。

近年来全球气候变暖,洪涝、干旱等极端天气事件频发,极端事件研究成为天气和气候领域的热点,以往的气候变化研究主要集中在平均气温和降水的变化方面,事实证明极端气候事件的频率和强度变化对社会和环境的影响更为严重^[4],对体育运动的影响也是如此。分析、统计和表征此类极端天气事件和变化特征的目的在于为奥运会赛时和赛事的天气预报提供参考;为奥运会的高影响天气风险评估提供科学依据,使奥运会的组织者、参赛人员、服务人员和公众提高得这类极端天气事件的认识和增强防范意识,采取积极的应对措施,将其不利影响降到最低程度。

1 资料及统计分析方法

由于奥运会赛场主要分布在城近郊区的海淀、丰台、朝阳和顺义,分析资料取自北京市观象台和上述 4 站。一般气候分析资料取 30 年为好,应用近年来的资料可以更好地反映近年来的变化特征。上述四站均在 1950 年代后期建立,但是海淀气象站在文革期间停止观测,1975 年才重新恢复观测,所以除海淀资料从 1975 年开始外,其他站资料时间

取为1971年—2007年8月8—24日(北京奥运会期间),共37年、17天。对各站的极端最高气温(以下简称为 T_{\max})、日最高气温 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的日数、 $T_{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$ 且平均相对湿度 $\geq 55\%$ 的高温闷热天气、 $\geq 25\text{mm}$ 的大雨、日最大降水强度、雷暴、大风、以及大雾和低能见度($\leq 2000\text{m}$)天气(1980年以前能见度的统计单位是级别,资料长度为1980—2007年,日期相同)等极端天气事件日数和年际变化进行统计分析。

2 最高气温的变化特征

2.1 观象台1971—2007年8月8—24日期间逐年极端最高气温(T_{\max})的变化特征

北京地区的极端最高气温大多出现在雨季到来之前(6月中旬至7月上旬),该期间天气以晴为主,湿度小,辐射强易升温^[1]。在北京的历史记录中,6月的极端最高气温为 42.6°C (1942年6月15日),7月为 42.2°C (1999年7月24日),8月仅为 38.3°C (1951年8月8日)。

1971年以来奥运期间的逐年极端最高气温(每年8月8—24日中取最高一天)列于图1。图中最高值为 37.3°C (2007年8月9日),最低为 31.3°C (1977年8月8日)。在37年中 $T_{\max} > 36^{\circ}\text{C}$ 的年数仅为2年,出现概率5%, $T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$ 的日数为9年,概率24%; $T_{\max} \geq 33.0^{\circ}\text{C}$ 的年数为33年,概率89%。 T_{\max} 的变化呈上升趋势,上升率为 $0.69^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。目前处在最高气温偏高期。

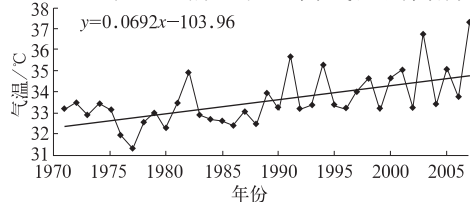


图1 观象台1971—2007年8月8—24日极端最高气温 T_{\max} 逐年变化

另一特征是头年极端最高气温 T_{\max} 为 35°C 左右的年(1982、1991、1994、2001、2003),次年的 T_{\max} 均下降,小于 35°C 。

2.2 城郊五站日最高气温 $\geq 33.0^{\circ}\text{C}$ 日数的年变化特征

气象上一般将 $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ 的天气称为高温天气,以往的研究多是针对 $T_{\max} \geq 36^{\circ}\text{C}$ 或 37°C 的高温或高温闷热的^[5]。据研究,当气温超过 28°C 时,人体就会感觉不适^[2],近年来北京市专业气象台在服务工作中了解到,当 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 时,对供电、供水等部门和户外作业的人群仍然构成一定影响。所以对这些部门和公众服务时,以此温度作为高温警报的下界,发布预警告示。另外上节的研究表明北京奥运会期间出现 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的可能性最大,针对此进一步的研究的结果列于图2。

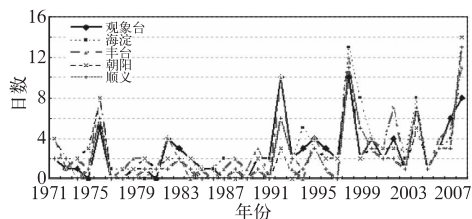


图2 8月8—24日城郊5站 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 日数逐年变化

从图2可见,城郊5站的趋势基本一致,目前处日数偏多期。大部分年 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的高温日数少于5天,1990年代后期以来,增加趋势明显,连续出现高温日数偏多年,分别是1991年、1997年、2007年。1997年和2007年观象台 $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 高温日数分别达到10天和8天,而其他4站均超过10天,另外这些年的次年的高温日数均下降。

从表1第1列可见, $T_{\max} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的日数为2.8天,海淀站最多,顺义最少。张光智等人^[6]的研究表明,近年来城区受热岛效应的影响显著,海淀成为热岛正值中心,即海淀的

增温最明显。本文结论与其相符。

表 1 8 月 8—24 日城郊 5 站要素
多年平均日数(单位:天)

站号	观象台	海淀	朝阳	丰台	顺义	5 站平均
$T_{\max} \geq 33.0^{\circ}\text{C}$ 日数	2.7	3.5	2.5	3.0	2.2	2.8
高温闷热日数	4.9	5.1	4.5	4.7	4.3	4.7
25mm 以上降水日数	1.1	1.1	1.1	0.9	1.1	1.1
雷暴日数	3.8	4.1	3.5	3.4	3.8	3.7
大风日数	1.2	1.7	1.0	0.9	1.0	1.2
大雾日数	1.0	0.7	0.9	0.7	0.4	0.7

2.3 高温闷热天气的年变化特征

根据 2.1 中所述,北京有时最高气温 T_{\max} 很高,但是湿度很小,只要不直接暴露在阳光下,这种高温不会使人不适。而 7 月中旬以后西太平洋副热带高压北上控制北京时,往往多日没有降水,却出现高温高湿的闷热天气,人们易对这种天气产生不适,尤其是长时间户外工作的人,也容易发生中暑。由于这种天气与极端最高气温不完全同步,所以北京市专业气象台在公众服务中将 $T_{\max} \geq 32^{\circ}\text{C}$ 且日平均相对湿度超过 55% 的天气定为高温闷热天气。以此为标准对上述各站进行统计,结果列于表 1 第 2 列中。从第 2 列可知,全市平均为 4.7 天,其中海淀平均闷热天气最多,观象台次之。近年来 8 月气温偏高,往往出现连续几天的高温闷热天气,如 2007 年 8 月 8—15 日观象台连续 8 天、朝阳 10—13 日出现连续闷热天气。

3 降水变化特征

3.1 城郊 5 站 25mm 以上的降水日数年变化特征

北京 5 月—11 月均可出现雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的降水,8 月多年的平均天数为 2 天^[1],奥运期间的情况见表 1 第 3 列。城郊 5 站降水日数相差不多,约 1 天,每年平均 1 天。

城郊 5 站趋势基本一致,1970 年代 $\geq 25\text{mm}$ 的雨日较多,1980 年代后期开始逐渐减少,1990 年代后期至近年来处在大雨日数偏少期(图 3)。这与黄荣辉等提出的 20 世纪 80 年代以来华北地区夏季降水明显减少,洪涝灾害减少,干旱灾害增多的结论一致^[7]。

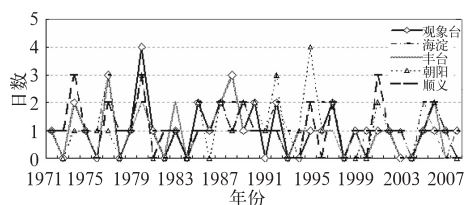


图 3 8 月 8—24 日城郊 5 站 $\geq 25\text{mm}$ 的降雨日数逐年变化

3.2 观象台日最大降雨量各等级分布

按气象业务规范中的降雨级别将日最大降雨量分成 4 个级,统计了 37 年观象台日最大降雨量各等级日数与总日数的比例,出现大雨 $25 \sim 49.9\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的比例最大,概率达 41%,其次为暴雨($\geq 50\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$),占 27%,即出现 $\geq 25\text{mm}$ 以上降水的概率高达 68%。而出现 $10 \sim 24.9\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (中雨)和 $10\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (小雨)以下的概率均为 16%。

3.3 观象台日最大降水强度年变化和降水时间分布特征

气候上以日为单位时间的平均降水强度,亦即每个降水日的平均降水量来评价某一地区降水季节分配的均匀程度和可利用程度。北京地区的降水强度为 $8.7\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$,比上海 $8.5\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的强度还大,其中 8 月为 $16.1\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[1],表明北京降水分布极不均匀。降水强度大,对赛事和赛程的影响程度就大,利用日最大降水强度可以判断降水对赛事的影响程度。历史上北京 8 月的最大降水强度是 $212.2\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (1963 年 8 月 9 日)。1971 年以来观象台逐年赛期的日最大

降水强度见图4。

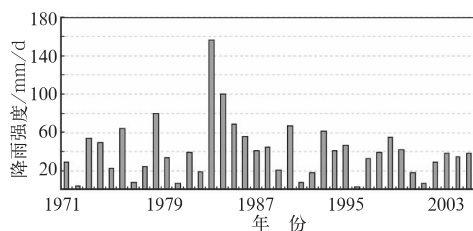


图4 观象台 1971—2007 年 8 月 8—24 日最大降水强度逐年变化

图中最大值为 $156.2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (1984 年 8 月 9 日), 其次为 $100.4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (1985 年 8 月 20 日)。1980 年代的降水强度最大, 2001 年以后, 日最大降水强度均 $\leq 50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 近年来大降水较少出现, 降雨强度也小。最大降雨强度 $\leq 50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的有 28 年, 概率 76%。这种情况与上述 $\geq 25 \text{ mm}$ 的降雨的情况一致。

在 37 年中有 26 年雨量 $\geq 25 \text{ mm}$, 其中出现在 8—20 时为 13 年, 概率 50%, 7 年出现在 20—02 时, 概率 27%, 6 年出现在 02—08 时, 概率 23%。以往的统计表明北京降水时间多年平均以 14—20 时最多, 凌晨 2 时至午后 14 时较少出现^[1]。上述的结论与以往的统计结论基本一致。

8 月 8—24 日北京逐日 1 小时最大雨强 (图略) 和降雨时间的统计表明, 最大雨强的极值为 $59.2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (1991 年 8 月 15 日 22—23 时), 次大为 $56.6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (1984 年 8 月 10 日 03—04 时), 其中 1980—2007 年中有 9 年出现 1 小时最大雨强 $\geq 20.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, 概率 32%。

3.4 观象台最长连续降水日数

观象台 37 年中共有 15 年出现 2 天以上连续降水, 概率 41%。大多数年虽然出现几天连续降水, 但是日雨量不是每天都大。其中 2 年连续出现 2 天以上日雨量 $\geq 25 \text{ mm/d}$ 的过程, 占 5%, 1984 年 8 月 9—10 日, 雨量分别为 156.2 mm 和 50.3 mm, 而 1979 年 8

月 12—15 日连续 4 天日雨量 $\geq 25 \text{ mm}$ 。

3.5 雷暴天气的变化特征

北京夏季经常出现局地对流性天气, 伴有雷击、闪电和大风, 有时甚至有冰雹, 简称雷暴天气。从表 1 第 4 列可见, 城郊 5 站赛期的平均雷暴日数为 3.7 日, 海淀发生的次数 (4.1 日) 略多于其他各站。另外图 5 清楚地显示城郊 5 站雷暴天气发生频次的趋势基本相同。1980 年代中期以前是上升趋势, 以后呈下降趋势, 尤其近 3 年来连续下降, 处在低值期。与上述几种降水要素的下降趋势相符。

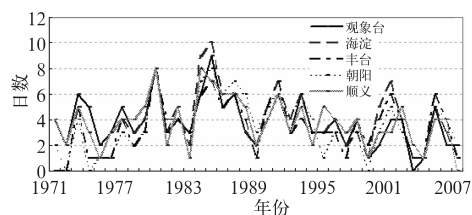


图5 8 月 8—24 日城郊 5 站雷暴日数逐年变化

4 大风天气

4.1 城郊 5 站多年平均大风发生的频次

大风天气主要是指强对流天气带来的短时大风, 如果 10 分钟平均风速 $\geq 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 将会影响室外运动和活动, 以此为标准进行统计 (见表 1 第 5 列)。各站大风日数略有差异, 海淀最多 (1.7 天), 丰台最少, 这与地理位置、下垫面粗糙度等有关, 5 站多年平均大风发生的日数为 1.2 日。

4.2 观象台逐年大风变化特征

37 年中风速 $\geq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的仅有 5 年, 占 14%。1980 年代风速较稳定, 1990 年代后期至今基本为下降趋势, 目前处在风速较小期 (图 6)。

在所统计的 37 年中有 32 年风速达到 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 出现时间在 14—20 时的有 22 年,

概率 69%; 在 20—01 时有 4 年, 概率 12%; 在 08—14 时有 6 年, 概率 19%, 与雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的出现时间基本一致。

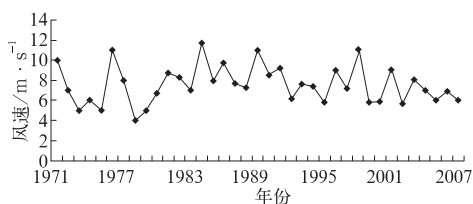


图6 1971—2007年8月8—24日
观象台风速逐年变化

5 大雾及低能见度天气变化特征

能见度大小反映了大气的清洁程度, 能见度对航空、城市交通有重要影响。近年来随着城市人口、工业、车辆迅速增加, 导致大气中水汽凝结物和悬浮微尘颗粒物增多, 北京的能见度变差。北京的空气质量引起政府和国内外公众的关注。对赛期的大雾天气和 $\leq 2000\text{m}$ 的低能见度的变化进行分析, 以达到间接评价大气污染状况的目的。

5.1 观象台及城近郊各站大雾多年平均情况

从表1最后1列可见, 奥运会期间城郊5站多年平均大雾日数为0.7天, 由于观象台(1天)处在东南郊, 地势略低, 大雾天略多于其他站。

北京地区的雾一般凌晨日出前生成(夏、秋季为5—6时), 日出后逐渐消散^[1]。文中所普查的雾以02—08时为主, 14和20时少见。

5.2 观象台低能见度天气的年际变化特征

北京秋季的能见度最好, 夏季次之。夏季能见度低主要是湿度大, 由雾及轻雾造成的^[8]。以能见度 $\leq 2000\text{m}$ (包括轻雾和大雾天气) 为标准进行统计的结果列于图7, 图中较好地显示北京低能见度变好的趋势。1970

年代以后北京空气中颗粒物增多, 1980年代低能见度日数开始增多, 1980—1989年低能见度天气平均日数达3.2天, 1990—1999年平均为3.9天, 最严重, 其中最多的为7天(1995年)。2000—2007年平均只有1.5天, 1999年后连续9年在2天以下, 即目前处在低能见度的偏少期, 空气质量已经得到明显的改善, 这是政府及各部门从1990年代以来大力整治北京空气污染的成果。今年整治的力度会进一步加大, 北京奥运会上可能迎来少于1天的低能见度日。

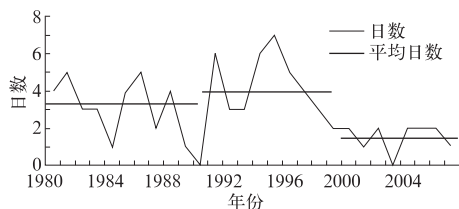


图7 观象台1980—2007年8月8—24日
低能见度($\leq 2000\text{m}$)天气日数的逐年变化

6 结论和讨论

利用1971—2007年观象台、海淀、丰台、朝阳和顺义的气象要素资料, 对北京奥运期间8月8—24日的极端天气事件进行了统计分析, 结果表明:

(1) 观象台极端最高气温为 37.3°C , $T_{\text{max}} > 36.0^{\circ}\text{C}$ 的年数仅为2年, 出现概率5%, 日最高气温呈明显的上升趋势, 上升率为 $0.69^{\circ}\text{C}/10$ 年。目前处在最高气温偏高期。城郊5站 $T_{\text{max}} \geq 33^{\circ}\text{C}$ 的平均日数为2.8天, 变化趋势基本一致, 也呈明显的上升趋势, 目前处在日数偏多期。每年平均高温闷热($T_{\text{max}} \geq 32^{\circ}\text{C}$ 且平均相对湿度 $\geq 55\%$) 天气日数为4.7天。

(2) 观象台日最大降雨量中出现雨量 $\geq 25\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的概率高达68%。城郊5站雨量 $\geq 25\text{mm}$ 的平均降雨日为1.1天; 观象台

日最大降雨强度的最大值为 $156.2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 连续 2 天日雨量 $\geq 25 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的过程出现 2 年, 降水时间主要出现在 8—20 时, 概率 50%, ; 城郊 5 站平均雷暴日数为 3.7 天。上述三要素均处在低值期。

(3) 10 分钟平均风速 $\geq 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的大风日数城郊 5 站为 1.2 天, 1990 年代后期至今基本为下降趋势, 目前处在风速较小期。出现时间主要在 14—20 时, 概率 69%。

(4) 城郊 5 站平均大雾日数为 0.7 天。 $\leq 2000 \text{ m}$ 的低能见度日数从 1990 年代平均 3.9 天降到 2000—2007 年的 1.5 天, 目前处在日数较少期。

另外需要说明的是, 文章中讨论的内容中可能是一次天气事件中出现的, 但是他们天气事件的不同方面, 是独立的, 所以本文分别统计。

参考文献

[1] 北京市气象局资料室. 北京气候志[M]. 北京: 北京

出版社, 2001: 7-24, 48-56, 84.

- [2] 朱燕君, 陈峪, 李庆祥, 等. 北京奥运会期间的气象条件分析[J]. 应用气象学报, 2006, 17(增刊): 35-41.
- [3] 李庆祥, 朱燕君, 熊安元. 北京等 6 城市奥运期间不利天气的概率统计[J]. 应用气象学报, 2006, 17(增刊): 42-47.
- [4] 张天宇, 程炳岩, 刘晓冉. 近 50 年长江中下游地区汛期极端强降水事件分析[J]. 气象, 2007, 33(10): 80-87.
- [5] 王迎春, 葛国庆, 陶祖玉. 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.
- [6] 张光智, 徐祥德, 王继志, 等. 北京及周边地区城市尺度热岛特征及其演变[J]. 应用气象学报, 2002, 13(增刊): 43-50.
- [7] 黄荣辉, 徐予红, 周连童, 等. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, (18): 465-476.
- [8] 北京市气象局气候资料室. 北京城市气候[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 58-63.