

Climatic Characteristics of Rainstorm in Flood Season in Beijing

Honglian Zheng¹, Hong Yang¹, Jun Yan²

¹61741 Troops of PLA, Beijing

²Beijing Aviation Meteorological Institute, Beijing

Email: azheng919@sina.com

Received: Jun. 16th, 2013; revised: Jul. 14th, 2013; accepted: Jul. 25th, 2013

Copyright © 2014 Honglian Zheng et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Honglian Zheng et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: Using the data of precipitation, circulation parameters and historic synoptic chart at Beijing station, the climatic characteristics and the classification of weather situation in main flood season at Beijing station in the last 62 years were analysed. The conclusion was expressed as follow. 1) In flood season, the variation trend of accumulated rainstorm rainfall is as same as accumulated rainfall, showing a decreasing trend, and the rainstorm contribution rate shows a wave change. 2) In former flood season, the proportion of rainstorm in July and August shows some periodic changes, and the storm period may be coming in the next 10 years. 3) In flood season, the wavelet power spectrum of storm frequency is a 2 - 3-year period and a quasi-5-year period. According to it, the storm frequency will be on the low side in 2013. 4) In the years of more storms, the Western Pacific Subtropic High Area is larger; the strength is stronger; the ridge is more north and west; and sunspot is in an inactive period. Instead, in the years of fewer storms, the Western Pacific Subtropic High Area is smaller; the strength is weaker; the ridge is more north and west; the temperature is lower; and sunspot is in an active period.

Keywords: Synoptic Meteorology; Rainstorm in Flood Season; Climatic Characteristics; Wavelet Analysis; Frontal Rainstorm; Beijing

北京汛期暴雨气候特征分析

郑红莲¹, 杨弘¹, 严军²

¹中国人民解放军 61741 部队, 北京

²北京航空气象研究所, 北京

Email: azheng919@sina.com

收稿日期: 2013 年 6 月 16 日; 修回日期: 2013 年 7 月 14 日; 录用日期: 2013 年 7 月 25 日

摘要: 利用北京站(54511)1951~2012 年的降水资料、环流特征量资料和历史天气图资料对过去 62 年北京汛期(6~8 月)暴雨气候变化特征以及暴雨产生的天气形势分类进行分析。得出以下结论: 1) 北京汛期暴雨累积雨量与汛期累积雨量变化趋势一致, 呈逐年减少趋势, 汛期暴雨贡献率呈现波动变化; 2) 7、8 月份的暴雨占前汛期累积雨量的比例呈一定左右的周期变化, 未来 10 年北京可能再次进入暴雨高发期; 3) 汛期暴雨频次的小波功率谱显示其存在 2~3 年和准 5 年的周期变化, 估计 2013 年暴雨频次有偏少趋势; 4) 北京汛期暴雨偏多的年份, 副高面积偏大, 强度偏强, 脊线偏北、偏西, 太阳黑子处于非活跃期; 暴雨频次较少的年份, 副高面积偏小, 强度偏弱, 脊线偏北、偏西, 海温偏低, 太阳黑子处于活跃期。

关键词: 天气学; 汛期暴雨; 气候特征; 小波分析; 锋面暴雨; 北京

1. 引言

北京的气候为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,春秋短促。暴雨是北京市主要的灾害性天气之一,容易导致城市内涝等灾害,对交通、经济、人民财产安全有重大的威胁。如2012年7月21日,北京遭遇近50年以来最大的一场暴雨和山洪灾害,最大降雨点房山区为460 mm,接近500年一遇,略低于1963年8月8日北京朝阳区来广营(当时为农田)463.5 mm的最大降雨量。城区最大降雨点石景山模式口328 mm,达到百年一遇,接近1963年8月8日北京市酒仙桥401 mm。山区引发泥石流,给人民生命财产造成严重损失。

北京处在大陆干冷气团向东南移动的通道上,每年从10月到翌年5月几乎完全受来自西北利亚的干冷气团控制,只有6~9月前后三个多月受到海洋暖湿气团的影响。所以降水主要集中在夏季,7、8月尤为集中。由于暖湿气团和干冷气团的势力消长、互相推移等变化,使降水量的年际变化很大,丰水年和枯水年雨量相差悬殊。由于降水量高度集中,即使旱年,局部地势低洼地区也容易积水成涝。

暴雨预报是气象工作中的重点也是难点,了解暴雨发生的气候背景天气形势特征是做好暴雨预报的一个重要前提,前人对北京地区降水有过非常多的研究,如张秀丽^[1]等对北京逐日气温和降水量的长程变化特征进行了研究,本文则对北京汛期的暴雨变化趋势及其发生的平均气候形势进行分析,以期了解气候背景形势,进而详细分析各类形势下的暴雨特征,从而建立暴雨预报模型,应用于日常预报业务中,为北京的汛期暴雨预报提供参考。

2. 数据来源和处理方法

本文主要关注北京汛期暴雨,资料取自北京气候中心的1951~2012年北京逐日降水量资料,以及160站的月平均降水资料,按照降水强度等级划分标准,以24 h(当日20:00到次日20:00)的日降水总量 $R > 50$ mm计为一个暴雨日,当 $R > 100$ mm计为一个大雨日,当 $R > 250$ mm计为一个特大暴雨日,统计北京在过去62年汛期(6~8月)暴雨气候变化特征,并利用小波分析寻找汛期暴雨频次的变化周期,同时还利用历史天气图资料以及NCEP $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 格点高度场日

平均资料和月平均资料简单分析了汛期降水的历史天气形势特征。

3. 汛期暴雨年变化特征

统计1951~2012年北京汛期的降水特征发现:汛期总累积降水平均值为430 mm,极大值为1169.9 mm,出现在1959年,极小值为140.6 mm,出现在1999年;汛期暴雨累积雨量平均值为149.8 mm,极大值为827.7 mm,出现在1959年,其中1962、1968、1977、1980、1982、1989、1999、2001、2002、2003、2005、2007、2008年总13年暴雨量为0,日降水极大值为1959年7月31日,242.2 mm,其次为1963年8月9日,212.2 mm,1959年7月21日,161.3 mm,2012年7月21日,160 mm。

分析1951~2012年北京汛期累积雨量与汛期暴雨累积雨量和汛期暴雨的贡献率(图1)发现:2000年以前,汛期累积雨量和暴雨累积雨量呈周期性变化,2000年以后,汛期累积雨量和暴雨累积雨量明显减少,近2年累积雨量和暴雨累积雨量极端值相应有所增加,表明近2年的汛期极端降水事件有所增加。过去62年间,汛期暴雨贡献率平均为29.9%,最大暴雨贡献率为70.7%,出现在1959年,同样,2000年以前,汛期暴雨贡献率呈现一定的周期性变化,2000年以后,为暴雨贡献率相对低谷期,近2年有明显增加的趋势。通过比较汛期累积雨量,汛期暴雨累积雨量以及汛期暴雨对累积雨量的贡献率可以发现,暴雨的多少与汛期累积雨量呈正比关系。

图2为5年滑动平均6~8月雨量占汛期雨量比例,分析过去62年中5年滑动平均的6~8月份逐月雨量占汛期雨量比例的年际变化特征可以发现:6月份的累积雨量占汛期累积雨量的比例最小,且所占比例呈上升趋势。7、8月份所占比例呈反相关关系,其中8月份所占比例呈下降趋势。同样,分析过去62年中5年滑动平均6~8月份逐月暴雨雨量占汛期雨量比例的年际变化特征可以发现:6月份的暴雨累积雨量占汛期累积雨量的比例最小,7、8月份的暴雨占汛期累积雨量的比例呈一定的周期变化,6、7月份的暴雨占汛期累积雨量的比例有所增加,8月份有所下降,2000年后达最低值,近几年暴雨所占比例有增加趋势,根据曲线趋势预测,未来10年北京汛期暴雨可能逐渐

北京汛期暴雨气候特征分析

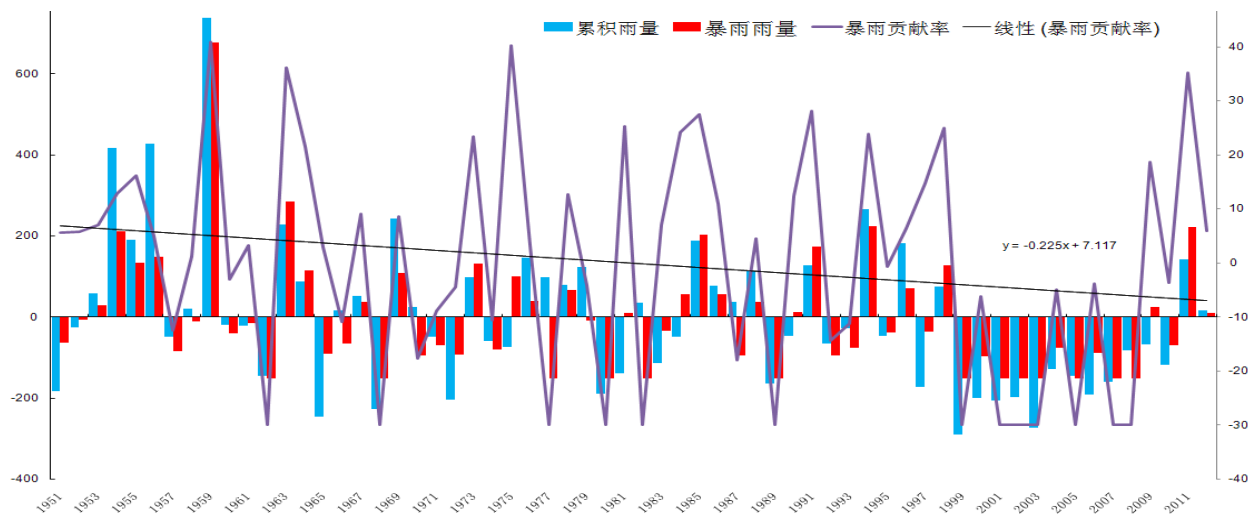


Figure 1. The standard variation trend of accumulated rainstorm rainfall, accumulated rainfall and rainstorm contribution rate
图 1. 汛期总累积雨量、暴雨累积雨量以及暴雨贡献率的标准化变化趋势

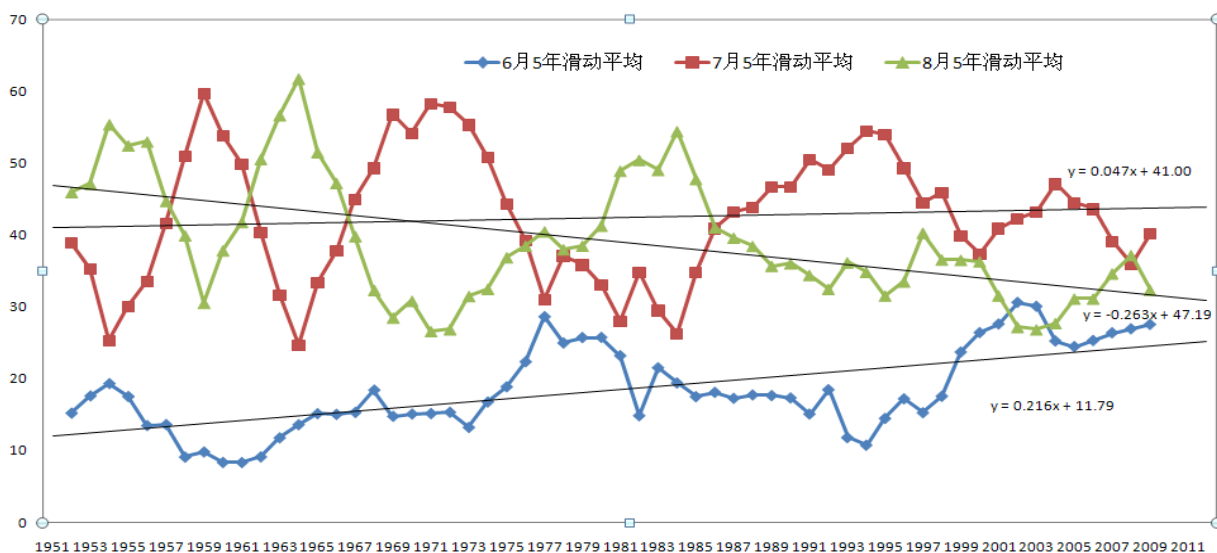


Figure 2. The proportion of anomaly monthly rainfall from June to August
图 2. 6-8 月逐月雨量占汛期雨量比例

增加，且 6 月份暴雨所占比例将逐渐增加。

4. 汛期暴雨多时间尺度特征

经统计，在过去的 62 年里，汛期北京站出现降水频次 2214 d，平均 35.7 d，其中暴雨频次 97 d，平均 1.56 d，极大值为 5，分别出现在 1991、1994 和 2011 年；出现大暴雨频次为 20 d，平均 0.32 d，其中 6 月 2 次，7 月 7 次，8 月 11 次，极大值为 4，出现在 1959 年，次极大值 2 天，分别出现在 1956、1963、1985 年；无特大暴雨频次。大多数年份全年均无大暴雨、特大暴雨出现。

分析汛期暴雨频次变化特征发现(图 3)，在过去的 62 年里，汛期暴雨频次总体呈波动下降的趋势，但是气候倾向率仅为-0.017 次/年，下降趋势不明显。

为了揭示北京汛期暴雨频次的时间演变特征，本文采用小波分析方法对其进行分析，小波分析方法是一种揭示时间序列(或空间分布)局域振荡特征的方法，分析气象变量时间序列(或场)的周期振荡特征，对于认识分析对象变化规律及做出相应预测均有重要意义，因此小波分析方法在气象定量分析中得到广泛使用^[2-5]。图 4 为北京汛期暴雨日数的 Morlet 小波功率谱的时频分布，图 4(a)表示信号的小波局地功率谱，

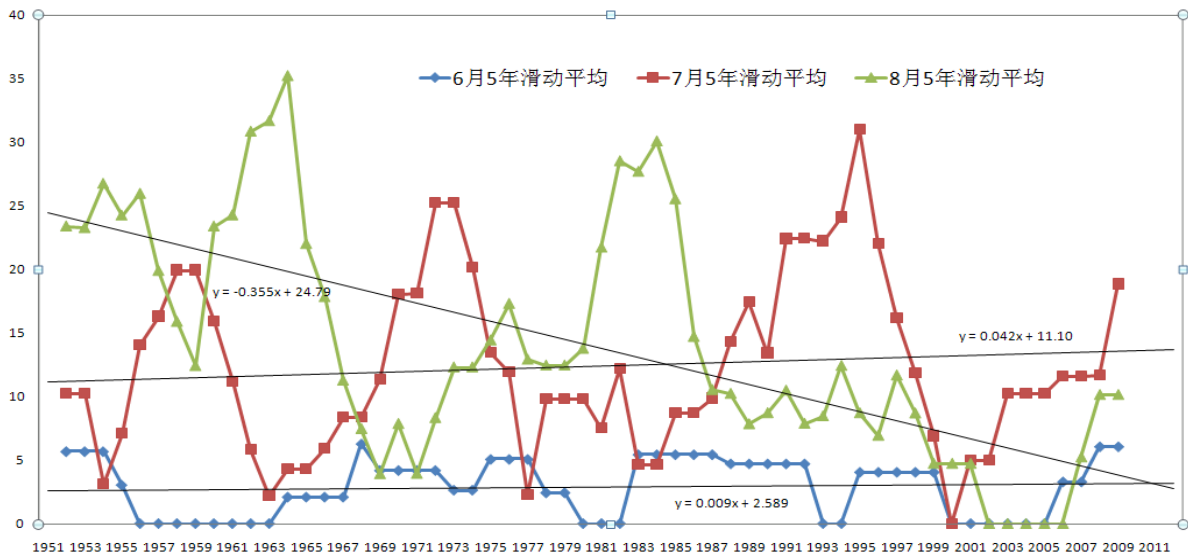


Figure 3. The proportion of anomaly monthly rainstorm rainfall from June to August
图 3. 6~8 逐月暴雨雨量占汛期雨量比例

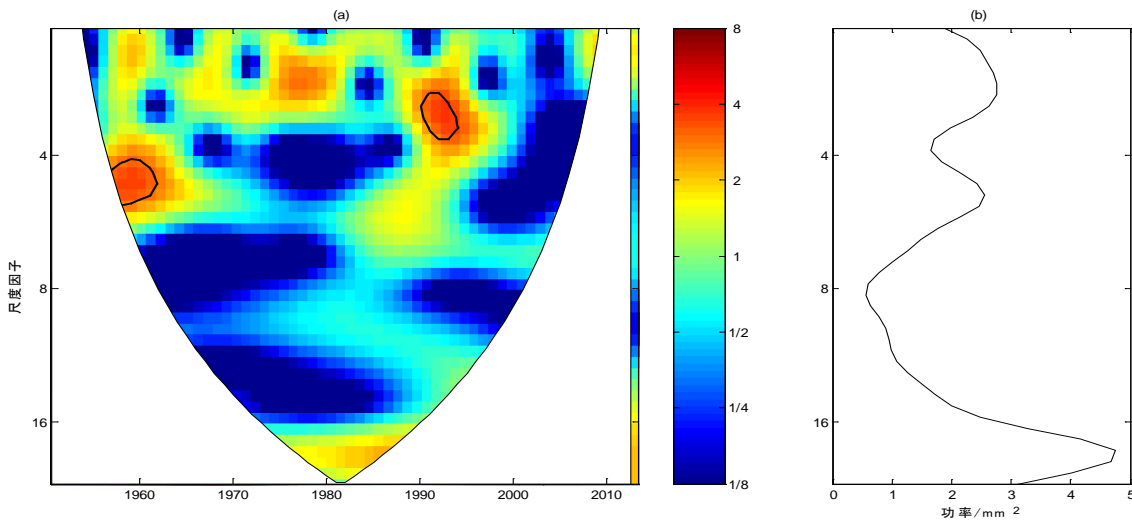


Figure 4. The wavelet power spectrum of storm frequency in flood season
图 4. 汛期暴雨频次的小波功率谱

粗实线包围区域为下降漏斗，下降漏斗里信号的周期是可信的，通过了 95% 的红噪声信度检验，局地功率谱图展示出信号的年际变化的特征。图 5(b) 为小波方差图，小波方差随时间尺度的变化过程，反映了波动的能量随时间尺度的变化，因此，可用小波方差图来确定时间序列中各种尺度扰动的相对强度，确定时间序列中存在的主要时间尺度，即周期。

从图 4 可以看出，汛期暴雨频次通过 95% 的红噪声信度检验的小波功率谱有 2 个峰值，对应是 2.7579 年和 4.9140 年，汛期暴雨频次，在 1960 年附近存在 2~3 年的周期变化，在 1990 年附近存在准 5 年的周

期变化。图 6 给出了小波系数实部图，反映给定时间和尺度下，相对于其它时间和尺度信号的强弱和位相 2 方面的信息，小波系数为正时，表示暴雨频次相对偏多，为负时，表示暴雨频次偏少。从小波系数的实部可以看出不同时间尺度和周期所对应的高低为向，它反映了平均暴雨频次高低变化的不同，根据图 6 主周期的小波系数实部图可知，北京 2012 年暴雨频次处于低值期，估计 2013 年暴雨频次有增加趋势。

5. 北京汛期多、少暴雨年的天气形势特征

汛期暴雨是发生在一定的大尺度环流形势下，冷

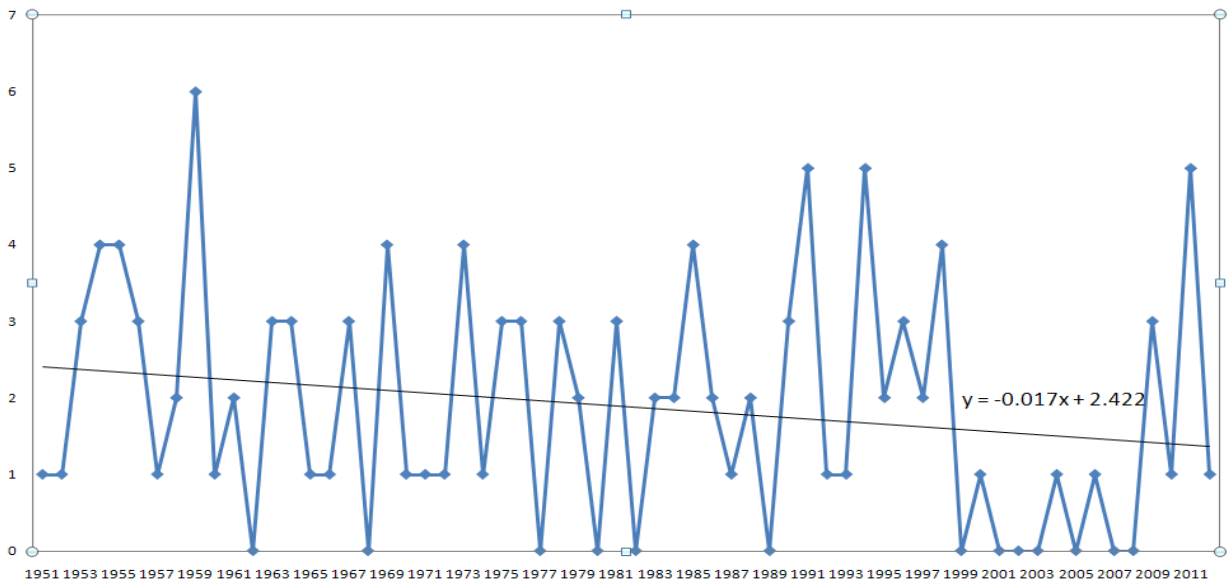


Figure 5. The rainstorm day frequency in flood season
图 5. 汛期暴雨日数频次

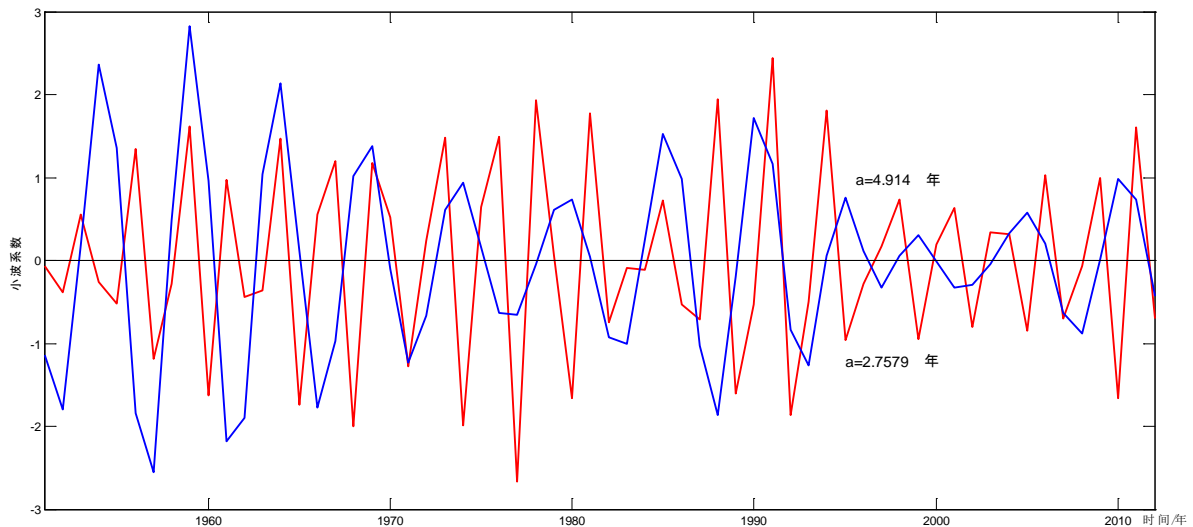


Figure 6. The real part of wavelet coefficient of storm frequency on main period
图 6. 暴雨频次主周期时间尺度的小波系数实部过程线

暖空气在某地区交汇，引起暴雨的天气尺度系统或中小尺度系统发展，从而使某地区出现强垂直运动和水汽输送等，给暴雨的形成提供有利条件。每年的暴雨频次变化也和大环流形势变化有一定的关系，为了了解这两者之间的关系，我们选取了暴雨频次较多的3年(1991、1994和2011年)和暴雨频次为0、降水次数，降水总量最少的3年(1999、2001和2003年)，分别做汛期环流形势特征分析。

从表1北京汛期多暴雨年环流指数特征和表2北京汛期少暴雨年环流指数特征可知，汛期暴雨频次较

多的3年，副高面积偏大，强度偏强，脊线偏北，偏西，海温偏高，太阳黑子处于非活跃期；相反，暴雨频次较少的3年，副高面积偏小，强度偏弱，脊线偏北，偏西，海温偏低，太阳黑子处于活跃期。

汛期副高面积偏大，强度偏强，成带状时，有利于西南气流水汽的输送，当高纬地区有冷空气南下，冷暖交汇点处于北京上空时，北京容易产生强降水，北京2012年7·21特大暴雨原因之一就是北方南下的冷空气和强盛的西南暖湿气流在华北一带剧烈交汇而形成，当然，7·21特大暴雨还与北京西部、北部山

Table 1. The characteristics of circulation parameters in the more storm flood years
表 1. 北京汛期多暴雨年环流指数特征(距平值)

环流指数	6月			7月			8月		
	1991	1994	2011	1991	1994	2011	1991	1994	2011
西太副高面积	5.7	10.7	9.7	10.7	17.7	-0.3	-1.7	22.3	10.3
西太副高强度	19	45	24	37.5	38.5	-11.5	-0.2	58.8	24.8
西太副高脊线	1.6	-1.4	1.6	0.9	4.9	1.9	-3.9	5.1	5.1
西太副高北界	1.1	1.1	2.1	0.3	3.3	-0.7	-3.3	5.7	3.7
西太副高西伸脊点	-5.4	-5.4	-0.4	-9.3	-4.3	0.7	21.9	-23.1	6.9
厄尔尼诺	8.9	5.9	-2.1	5.1	6.1	-1.9	7	7	-4
太阳黑子	903	-448	-347	1142	312	-261	1156.6	-471.4	-215.4

Table 2. The characteristics of circulation parameters in the less storm flood years
表 2. 北京汛期少暴雨年环流指数特征(距平值)

环流指数	6月			7月			8月		
	1999	2001	2003	1999	2001	2003	1999	2001	2003
西太副高面积	-9.3	-9.3	7.7	-9.3	-6.3	16.7	-4.7	2.3	18.3
西太副高强度	-17	-16	14	-18.5	-11.5	46.5	-10.2	2.8	73.8
西太副高脊线	3.6	2.6	-1.4	3.9	2.9	-1.1	4.1	1.1	2.1
西太副高北界	2.1	1.1	-1.9	3.3	2.3	0.3	3.7	-1.3	1.7
西太副高西伸脊点	9.6	4.6	-5.4	15.7	-4.3	-29.3	11.9	-8.1	-28.1
厄尔尼诺	-6.1	-0.1	-1.1	-4.9	1.1	3.1	-7	0	3
太阳黑子	416	521	57	841	706	150	574.6	516.6	5.6

区对流活动的加强和东部高压天气系统阻碍北京降雨系统的东移有关。

参考文献 (References)

- [1] 张秀丽, 孙燕, 祁文 (2008) 北京逐日气温和降水量的长程变化特征. *气象科学*, **4**, 421-425.
- [2] 林振山, 邓自旺 (1999) 子波气候诊断技术的研究. 气象出版社, 北京, 1-36.
- [3] 吴洪宝 (1997) 小波能量谱及其在热带太平洋 SSTA 多时间尺度结构研究中的应用. *南京气象学院学报*, **3**, 301-307.
- [4] 张意林, 覃军, 陈正洪, 等 (2008) 近 56 a 武汉市降水气候变化特征分析. *暴雨灾害*, **2**, 253-257.
- [5] 凌良新, 袁振, 陈往溪, 等 (2009) 潮州市近 51 a 降水量和暴雨日数的时间变化特征分析. *暴雨灾害*, **3**, 283-287.