

# 影响北京夏季降水异常的大尺度环流特征

何 敏<sup>1</sup> 林 建<sup>2</sup> 韩荣青<sup>1</sup>

(1. 国家气候中心 北京 100081; 2. 国家气象中心)

**提 要:** 利用 1951—2004 年 500hPa 高度场、副高特征量及北京降水量资料,采用相关和合成分析方法,研究了夏季北半球 500hPa 环流异常与北京旱涝的关系。结果表明:北京夏季降水与副高强度和位置的关系比较复杂,中高纬与副热带环流特征的各种配置会对北京夏季降水产生不同的影响。欧亚中高纬环流出现欧亚—太平洋遥相关型,华北上空持续受高压控制;北京及附近地区处在西高东低的形势下,持续受西北下沉气流控制是北京夏季少雨的有利环流条件。北京及附近地区位于低压槽区或处在东高西低的下游“阻塞”形势,是北京夏季多雨的基本环流条件。研究的结果为北京地区夏季旱涝预测提供了环流背景。

**关键词:** 夏季 降水 副高 中高纬环流

## Large Scale Circulation Characteristics Influencing Summer Precipitation in Beijing

He Min<sup>1</sup> Lin Jian<sup>2</sup> Han Rongqing<sup>1</sup>

(1. National Climate Center, Beijing 100081; 2. National Meteorological Center)

**Abstract:** With correlation and resultant analysis methods, the climate aspects between the tendencies of drought and flood in Beijing and the abnormalities of 500hPa circulations are analyzed, by using the data of 500hPa height fields, subtropical high character fields and Beijing's precipitation. The results show that the strength and the position of the subtropical ridge are not remarkably associated with the summer precipitation in Beijing, while the flow pattern collocations between the mid-high latitudes and the subtropics are. The drought summers of Beijing were associated with the teleconnection pattern over Eurasian continent mid-high latitude (EUP pattern). In those years, anticyclone circulation prevails in Northern China with ridge to the western side of Beijing. Beijing and near by regions are controlled by Northwest descending flow. On the other hand, a block high pressure in the down stream side of Beijing is the basic circulation characteristics

资助项目:北京市自然科学基金“副热带高压中短期变异对北京夏季降水影响的机理研究”(资助号:8042021)

收稿日期:2007年2月26日; 修定稿日期:2007年4月8日

for plentiful precipitation summers of Beijing. In those years, Beijing and near by regions are controlled by Southwest ascending flow in front of trough. These results provide some knowledge on large scale circulation background for seasonal prediction of summer precipitation tendency in Beijing.

**Key Words:** summer precipitation subtropical high pressure mid-high latitudes circulation

## 引 言

众多研究表明,北半球大气环流异常是影响华北地区汛期旱涝的重要因素<sup>[1-4]</sup>。同时指出华北地区降水还存在年代际、年际及不同时间尺度的低频变化,它们与北半球大气环流异常密切相关<sup>[5-7]</sup>。北京地处华北平原北端,京西、京北为山区,东南部为平原,地形及城市化产生的热岛效应又使北京的天气气候与华北平原的其它地区不完全相同。这给研究北京夏季旱涝的成因和环流背景增添了难度,也是影响北京夏季(6—8月)降水异常的环流型比较复杂的原因之一。叶笃正等讨论了黄河流域旱涝发生的北半球环流异常特征及主要大尺度环流型,指出造成黄河中下游或华北干旱的三种基本流型为暖高压型、阻塞高压型和低涡型<sup>[2]</sup>。那么作为华北平原北端的北京地区,影响北京旱涝的大尺度环流形势又有怎样的特征呢?它们与影响华北地区的主要环流形势有没有不同之处?吴正华等<sup>[8]</sup>分析了北京近百年的汛期暴雨与 ENSO 事件的关系,指出在厄尔尼诺最大影响年的北京汛期易干旱,在非厄尔尼诺最大影响年的北京汛期易多雨偏涝。由于副热带和中高纬环流异常将直接影响北京地区夏季旱涝,文章采用相关和合成分析方法,首先分析 500hPa 副热带环流特征量与北京旱涝的关系,进而研究在不同的副高特征条件下,中高纬 500hPa 大尺度环流异常对北京夏季旱涝的影响,为北京地区夏季旱涝预测提供特征背景。

文章所用资料:500hPa 逐日高度数据来自 NCEP/NCAR 的再分析资料。逐月 500hPa 高度场、降水量及副高特征量资料取自国家气候中心。资料年代为 1951—2004 年。

## 1 夏季北京降水与西北太平洋副高的关系

### 1.1 夏季北京降水与副高特征量的相关关系

陈兴芳等<sup>[3]</sup>研究指出副高各特征指数对我国夏季降水的作用不同,并存在显著的季节差异及明显的区域差异,说明副高是一个对我国降水影响既密切又复杂的环流系统。表 1 给出了各年代和气候阶段夏季北京降水量与西北太平洋副高各特征量关系的统计结果。从表 1 可见,虽然夏季北京降水量与副高各特征量存在一定关系,但相关关系并不稳定,且多数达不到 0.05 显著性水平。相关关系较稳定的特征量是副高西伸脊点,即副高偏西有利于北京降水量偏多,但也只有 1950 年代和 1990 年代通过显著性检验;其次是副高面积,以正相关为主;与脊线位置的相关关系不稳定。相关最好的时段是 1990 年代,这阶段的副高偏强、偏南、偏西,有利于北京夏季降水偏多。相关最好的月份是 7 月,7 月副高偏强、偏北、偏西有利于北京降水偏多(表略)。从 1951—2004 年、1951—1975 年(气候突变前)和 1976—2004 年(气候突变后)三个时段的相关关系看,除了副高西伸脊点外,副高面积、脊线位置与北京降水量的相关关系几乎为零。这说明夏季北京降

水量与西北太平洋副高各特征量的相关关系具有明显的年代际变化(年代际变化问题这里不作重点讨论)。

表 1 夏季北京降水量与西北太平洋副高特征量相关系数

年代	副高面积	脊线位置	西伸脊点
1951—1960	-0.24	-0.24	-0.38
1961—1970	0.46	0.24	-0.16
1971—1980	0.06	0.19	-0.16
1981—1990	-0.14	0.29	0.17
1991—2000	<b>0.65</b>	-0.34	<b>-0.54</b>
1951—1975	0.06	-0.03	-0.35
1976—2004	0.12	-0.04	-0.02
1951—2004	0.01	0	-0.17

注:黑体字表示通过 0.05 显著性水平检验

### 1.2 夏季副高特征量与北京降水距平的统计关系

表 2 给出了夏季副高特征量与北京降水距平的统计关系(多年平均时段为 1951—2004 年)。表中夏季北京降水量正(负)距平为偏多(偏少);副高面积指数 $\geq 21$ ( $< 21$ )为偏强(偏弱),脊线位置 $> 24^{\circ}N$ ( $\leq 24^{\circ}N$ )为偏北(偏南),西伸脊点 $> 121^{\circ}E$ ( $\leq 121^{\circ}E$ )为偏东(偏西)。结果表明:在副高偏强偏西的情况下(共有 20 年),不论偏南(共有 8 年)还是偏北(共有 12 年),北京出现多雨和少雨的概率都相等。在副高偏弱偏北的情况下(共有 20 年),副高偏东时(共有 14 年),北京夏季降水出现偏少的概率为 0.64;副高偏西时(共有 6 年),北京夏季降水出现偏多的可能为 0.83(这种情况出现在 1950 年代)。上述 4 种情况共有 40 年,占了 54 年的 74%。副高偏强偏东和副高偏弱偏南的情况共出现了 14 年,概率只有 0.26。

表 2 夏季副高特征量与北京降水距平关系

副高偏强	偏北	偏南	副高偏弱	偏北	偏南
偏东	2 多 4 少	1 多 1 少	偏东	5 多 9 少	3 多 2 少
偏西	6 多 6 少	4 多 4 少	偏西	5 多 1 少	1 少

上述相关分析和统计关系表明,夏季北京降水与副高强度和位置的关系及其年代际

变化比较复杂,例如在副高偏强偏西偏北的 12 年中,北京夏季降水出现了 6 年偏多、6 年偏少的情况,因此不能单从副高异常来讨论北京的旱涝趋势。下面分别从影响北京夏季降水出现最多的三种副高型中(副高偏弱偏北偏东、偏强偏西偏南、偏强偏西偏北),选择夏季北京降水距平最大及最小的 3 年为典型年,分析北京多雨年、少雨年的 500hPa 环流特征。

### 2 夏季副高偏弱、偏北、偏东时,北京多(少)雨年 500hPa 环流特征

图 1(a、b)分别是副高偏弱、偏北、偏东

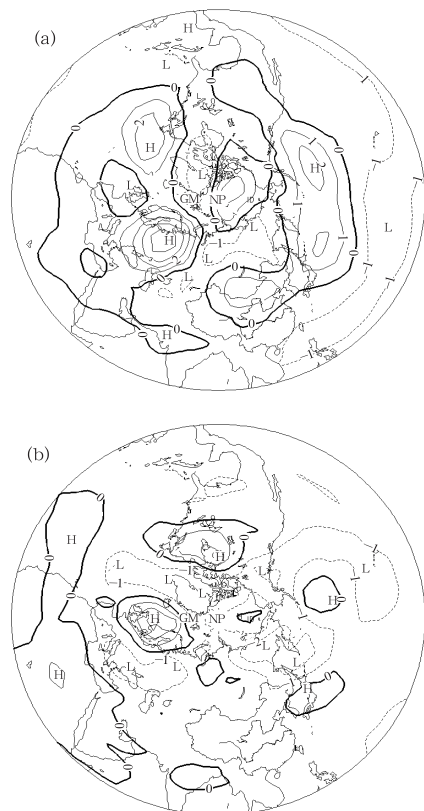


图 1 夏季副高偏弱、偏北、偏东时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)北半球 500hPa 高度距平成图

情况下,北京典型少雨年(1972、1999、2000年)和典型多雨年(1955、1976、1985年)北半球500hPa高度距平合成图。图1a的距平分布有两个特征,一是欧亚中高纬呈现了正负正相间的波列,为典型的欧亚—太平洋(负EUP)遥相关型<sup>[9]</sup>,二是亚洲从高纬到低纬为负正负的波列分布,华北上空持续受高压控制。在高压下沉气流作用下,天空晴朗,高温少雨。这是夏季北京少雨年,也是华北地区旱年出现最多的一种环流异常分布形式。在图1b上,北半球大部地区高度场偏低,负距平中心位于东西伯利亚—鄂霍次克海地区,华北地区为距平槽区,日本附近为距平脊区。这时北京及附近地区处在东高西低的距平场中,异常的“阻塞形势”正是导致北京降水的大尺度环流背景。同时由于副高偏弱、偏北、偏东,来自太平洋的偏东气流为华北东部、东北南部提供了水汽输送条件。这是北京及附近地区降水偏多,华北西部、南部降水依然偏少的一种环流分布型。

图2(a、b)分别是副高偏弱、偏北、偏东情况下,北京典型少雨年、多雨年沿 $35\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ 的500hPa高度时间-经度剖面合成图(典型年份同图1)。由图2a可见,少雨年的盛夏季节,除了在 $120^{\circ}\text{E}$ 附近高度场相对较低外(580dgpm),亚洲—西太平洋中纬度的高度场始终维持在585dgpm以上。在这种高压控制的形势下,北方大部地区夏季持续晴热高温,干旱少雨的天气。北京地区( $40^{\circ}\text{N}$ 、 $116.5^{\circ}\text{E}$ 附近)不仅位于高压区内,其东侧的位势高度还相对偏低,更加剧了下沉干热天气。这是夏季北京少雨年,也是华北地区旱年出现最多的一种环流异常分布形势。在图2b上,北京所在的经度附近,7月中旬至8月的位势高度较东西两侧相对偏低,尤其在东侧 $130^{\circ}\text{E}$ 附近高度场持续在585dgpm以上,北京正处在西有小槽东移,东有阻塞的稳定形势下,这种东高西低的高度场是北京地区夏季降水偏多的基本背景条件。

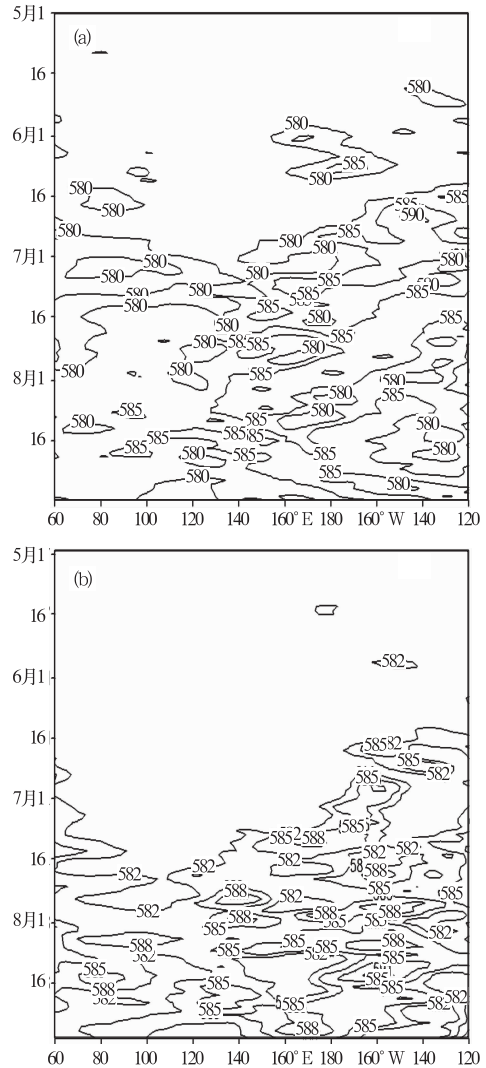


图2 夏季副高偏弱、偏北、偏东时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)500hPa高度时间-经度剖面合成图(沿 $35\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ )

### 3 夏季副高偏强、偏南、偏西时,北京多雨(少雨)年500hPa环流特征

图3(a、b)分别是副高偏强、偏南、偏西情况下,北京典型少雨年(1980、1983、2002年)、典型多雨年(1969、1988、1998年)北半球500hPa高度距平合成图。在东亚地区,图3a、3b都呈现了东亚遥相关型的正负正距平波列。不同的是在图3a上,东亚的距平波列偏东,主要位于 $120\sim 170^{\circ}\text{E}$ 附近,西伯利

亚的正距平区中心位于东西伯利亚至鄂霍次克海,那里出现异常的阻塞形势;异常槽区位于朝鲜、日本,北京处在西高东低、北高南低的距平场中。整个华北地区受西北气流控制,持续晴朗天气,降水偏少。东亚遥相关型偏东是夏季主要多雨区位于长江流域,华北持续干旱的一种典型环流异常分布形式。在图 3b 上,东亚的距平波列比图 3a 偏西,主要位于 105~150°E 附近;我国的华北和东北大部、朝鲜和日本为一纬向的负距平带,华北和东北大部地区处在距平低压区,经常受东移小槽影响,为北京降水偏多提供了有利条件。东亚遥相关型偏西是我国夏季出现南北两支雨带,华北降水偏多的异常环流分布形势。

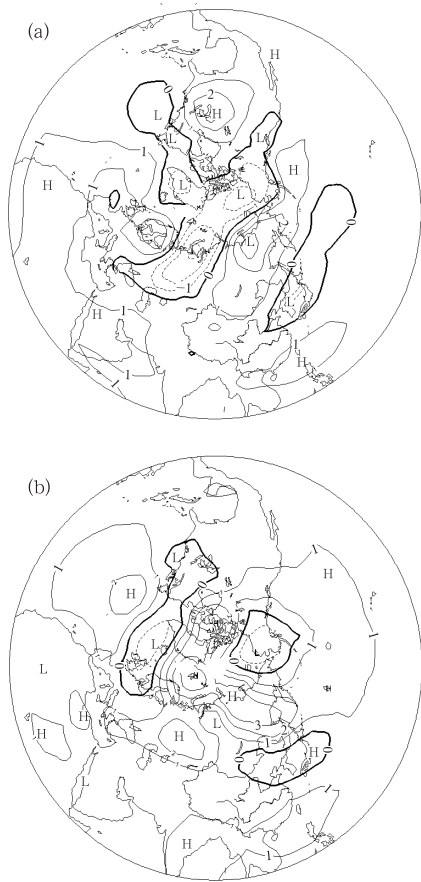


图 3 夏季副高偏强、偏南、偏西时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)北半球 500hPa 高度距平合成图

图 4(a、b)分别是副高偏强、偏南、偏西情况下,北京典型少雨年、多雨年沿 35~42.5°N 的 500hPa 高度时间-经度剖面合成图(典型年份同图 3)。从 6 月中旬至 8 月,少雨年(图 4a)在 115~125°E 附近维持低压槽区,而 115°E 以西高度场偏高,北京处在脊前槽后不利于降水的环流场中。多雨年(图 4b)在 100~140°E 附近持续为低压槽区,北京正处在低压槽区中央,这种持续稳定的形势为整个华北、东北地区降水异常偏多提供了有利条件。

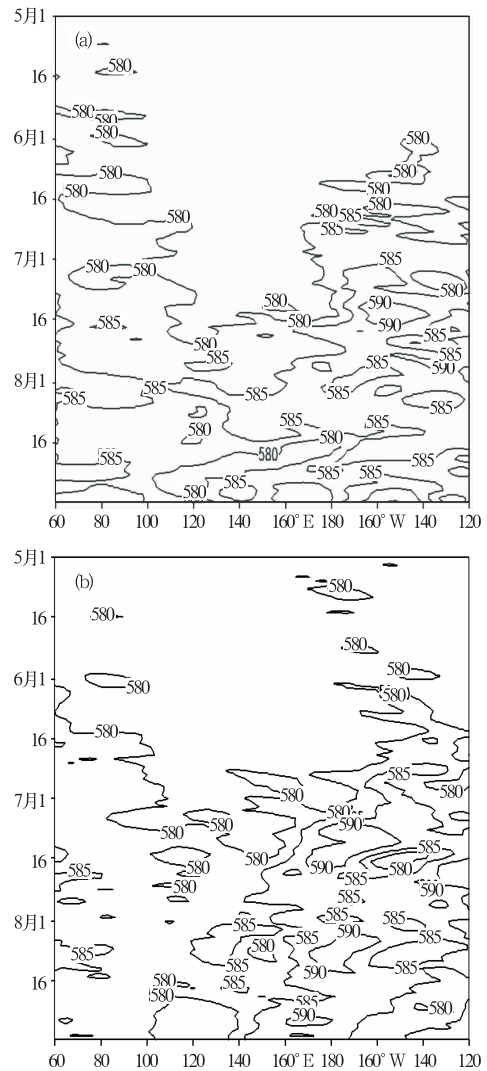


图 4 夏季副高偏强、偏南、偏西时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)500hPa 高度时间-经度剖面合成图(沿 35~42.5°N)

因此不论是距平图,还是逐日时间剖面图,都表示了在副高偏强、偏南、偏西情况下,北京地区夏季旱涝的关键取决于东亚遥相关型正负距平波列和负距平中心的位置。波列偏东、北京地区处在东低西高距平场时,降水偏少;波列偏西、北京地区位于距平低压槽区,降水偏多。

#### 4 夏季副高偏强、偏北、偏西时,北京多雨(少雨)年 500hPa 环流特征

图 5(a,b)分别是副高偏强、偏北、偏西情况下,北京典型少雨年(1981、1997、2003 年)典型多雨年(1979、1994、1996 年)北半球 500hPa 高度距平合成图。虽然在图 5a 和

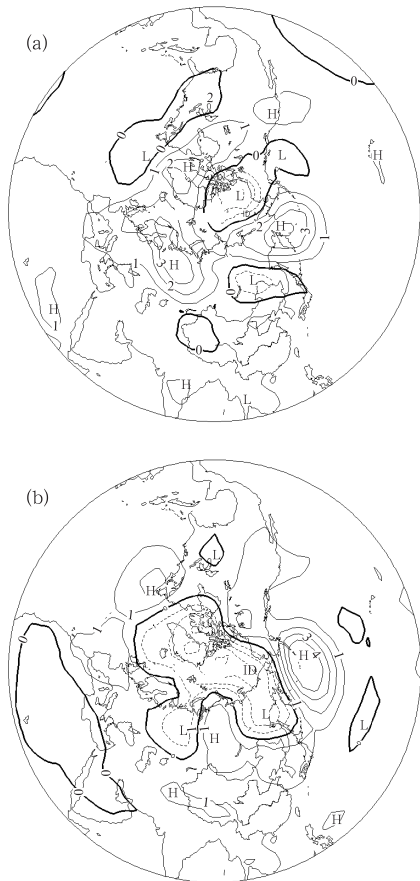


图 5 夏季副高偏强、偏北、偏西时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)北半球 500hPa 高度距平合成图

图 5b,我国大部地区高度均偏高,但中高纬度出现了完全相反的距平分布型。在少雨年(图 5a),欧亚大陆的中高纬为两高一低的距平槽脊,在欧洲大部至乌拉尔山及堪察加半岛附近为二个正距平区,负距平中心位于贝加尔湖—东北北部,这样的异常槽脊配置有利于冷空气路径偏西、偏北,为我国东北北部、华北西部及华西地区降水偏多提供了有利条件。在多雨年(图 5b),欧亚大陆中高纬为两低一高的距平槽脊,欧洲东部至乌拉尔山及东西伯利亚分别为两个为异常槽区,正距平区位于贝加尔湖—东北—华北东部—日本,形成下游阻塞形势。在这种稳定的环流条件下,东、西两个异常槽区中经常有冷空气分裂南下与偏东或偏南的暖湿气流交汇,形成有利于北方持续降水的大尺度环流形势。

图 6a、b 分别是副高偏强、偏北、偏西情况下,北京典型少雨年、多雨年沿  $35 \sim 42.5^\circ\text{N}$  的 500hPa 高度时间-经度剖面合成图(典型年份同图 5)。由图 6a 可见,在北京所处的经度东侧,盛夏季节少雨年的位势高度始终维持在 580dgpm 以下,偏低的低压槽区位于  $130^\circ\text{E}$  附近,持续的西高东低高度场是造成北京地区夏季降水偏少的基本背景条件。这是北京地区不同于华北西部和北部地区,且经常出现的一种降水偏少的环流分布型。多雨年(图 6b)的盛夏季节(尤其是 7 月份),  $100 \sim 120^\circ\text{E}$  附近高度场较东西两侧偏低,华北及西北大部地区为相对的槽区;东侧还出现了 590dgpm 的高压中心,这有利于北方大部地区降水偏多。

#### 5 小 结

(1) 夏季北京降水与副高强度和位置的关系不稳定且比较复杂,中高纬与副热带环流特征的各种配置会对北京夏季降水产生不同的影响。

(2) 北京少雨年的几种环流分布特征:副高偏弱、偏北、偏东时,欧亚中高纬出



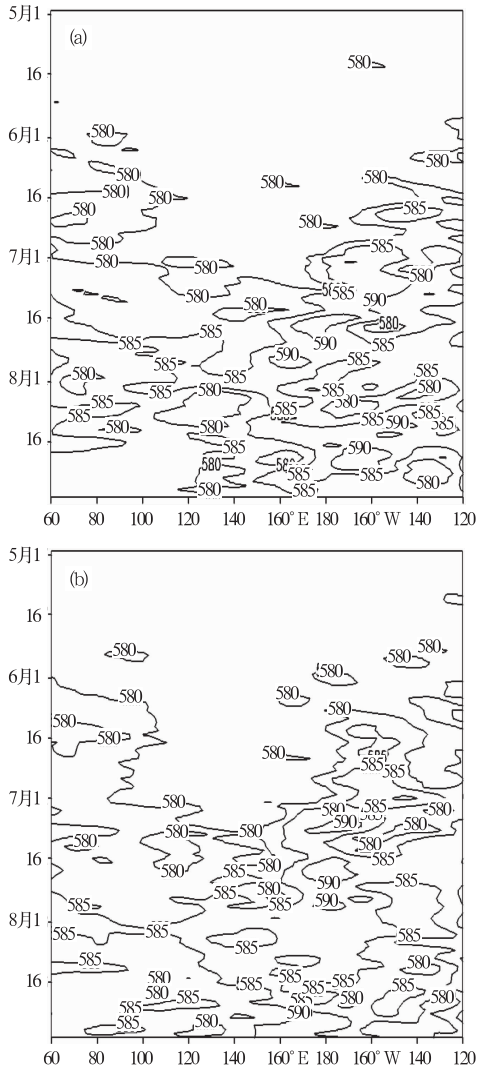


图 6 夏季副高偏强、偏北、偏西时,北京典型少雨年(a)和多雨年(b)500hPa 高度时间-经度剖面合成图(沿 35~42.5°N)

现欧亚—太平洋遥相关型(负 EUP),华北上空持续受高压控制,这是夏季北京降水偏少,也是华北地区旱年出现最多的一种环流分布形势。

副高偏强、偏南、偏西时,东亚遥相关型距平波列位置偏东,日本附近为异常槽区,北京位于西高东低的高度场中,这是一种典型的我国夏季南涝北旱,华北持续干旱的环流分布形势。

副高偏强、偏北、偏西时,欧亚大陆的

高纬为两高一低的距平槽脊,贝湖至东北地区为异常槽区,这是北京地区不同于华北西部和北部地区,降水偏少的环流分布特征。

(3) 北京多雨年的几种环流分布特征:

副高偏弱、偏北、偏东时,北半球大部地区高度场偏低,日本附近为异常脊区,这种异常的“阻塞形势”是导致北京降水偏多的基本背景条件,也是北京地区不同于华北西部和南部地区,降水偏多的一种环流分布形势。

副高偏强、偏南、偏西时,东亚遥相关型距平波列位置偏西,华北为低压槽区,这是一种夏季我国出现南北两支雨带,北京降水偏多,也是华北地区涝年的典型环流分布形势。

副高偏强、偏北、偏西时,亚洲大陆的中高纬为两低一高的距平槽脊,贝加尔湖—东北—华北东部—日本的高度场偏高,是北方大范围降水偏多的一种环流分布特征。

参考文献

- [1] 李崇银. 华北地区汛期降水的一个分析研究[J]. 气象学报, 1992, 50(1): 41-49.
- [2] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996: 61-68, 80-82.
- [3] 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 21-64.
- [4] 毕慕莹. 近 40 年来华北干旱的特点及其成因[M]. 叶笃正, 黄荣辉主编: 旱涝气候研究进展, 北京: 气象出版社, 1990: 23-32.
- [5] 张庆云, 卫捷, 陶诗言. 近 50 年华北干旱的年代际和年际变化及大气环流特征[J]. 气候与环境研究, 2003, (8)3: 307-318.
- [6] 徐桂玉, 杨修群, 孙旭光. 华北降水年代际、年际变化特征与北半球大气环流的联系[J]. 地球物理学报, 2005, (48) 3: 511-518.
- [7] 李春, 孙照渤, 陈海山. 华北夏季降水的年代际变化及其与东亚地区大气环流的联系[J]. 南京气象学院学报, 2002, (25)4: 455-462.
- [8] 吴正华, 储锁龙. 北京汛期暴雨和厄尔尼诺事件[J]. 气象, 1998, (24) 5: 14-18.
- [9] 李崇银. 气候动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 514-516.