

# 北京夏季旱涝的大气环流特征及其与前期 北太平洋 SST 的关系\*

吴正华 李青春 陆 晨

(北京市气象科学研究所,北京 100089)

## 提 要

利用 1979~1995 年的 NOAA/NCAR 高空再分析格点资料,及同期北京夏季相当暴雨日数,冬季和春季太平洋海面温度资料,进行北京夏季旱涝对比和相关分析,结果表明:北京夏季旱涝的平均大气环流形势有明显差异,且夏季涝年的平均大气环流距平场和夏季相当暴雨日数与大气环流的相关场都具有暴雨过程平均环流的主要特征;北京夏季相当暴雨日数和大气环流场都与赤道西太平洋(暖池)的春季 SST 存在显著的遥相关,春季暖池 SST 的异常变化是北京夏季旱涝预测的一个强信号。

关键词:夏季旱涝 大气环流 暖池 SST

## 引 言

北京夏季(6~8月)旱涝平均大气环流形势与黄淮地区和长江流域是不同的。在廖荃荪等<sup>[1]</sup>给出的我国东部地区夏季3类主要雨带的平均环流型中,北京降水偏多是属于其中第一类雨带型。吴广仁等<sup>[2]</sup>根据降水距平场相似程度,给出了我国东部雨带的4种分布型,并指出西太平洋副高位置对雨带分型有决定性作用,北京夏季降水正常或偏多时,是属于其中的黄淮东型和黄河河套型。

就短期气候而言,月、季的平均大气环流异常,总是和地球大气热源分布的异常有关,其广大海洋的温度异常变化对大气环流的影响是一个重要方面。如 ENSO 事件与我国东部地区夏季旱涝关系十分密切<sup>[3~5]</sup>,与北京夏季旱涝也存在一定统计关系;太平洋的海面温度分布对夏季西太平洋副热带高压的位置和强度有十分明显的影响<sup>[6~8]</sup>,特别是西太平洋低纬度(暖池)的海面温度异常所产生的大气热源异常强迫,造成了东亚大气环流的异常,对我国东部夏季雨带变化有重要作用。但是,以往的工作或是将前期太平洋 SST 直接与北京夏季旱涝求统计相关,或是只分析旱涝的大气环流特征的差异,或是只将太平洋 SST 与夏季大气环流场进行相关分析,却很少将太平洋前期 SST 异常、大气环流异常及北京夏季旱涝异常这三者相互联系在一起进行统计分析。本文将着重对这三者的统计关系进行分析,以期得到关于太平洋海温影响北京旱涝的具有一定物理意义的统计事实。

\* 本文由“九五”国家攻关项目 96-908-05-02 专题资助。

2000-01-26 收到,2000-04-03 收到修改稿。

北京地区位于华北平原北端,其夏季旱涝趋势与华北旱涝趋势有明显正相关<sup>[9]</sup>,但北京特有的地形和地理纬度,又使北京夏季旱涝有较明显的局地特征。由于北京夏季总降水量的多寡,与非暴雨降水过程无关,只取决于暴雨降水过程的次数和强度,即相当暴雨日数的多少<sup>[10,11]</sup>,且夏季的相当暴雨日数和总降雨量有线性关系,两者都是表示旱涝气候特征的参数,但是,相当暴雨日数的年际变率约比总降水量年际变率大一倍<sup>[12,13]</sup>。因此,北京夏季旱涝平均大气环流形势,又可能与产生暴雨过程的大气环流形势场存在联系。本文先对比分析北京夏季多暴雨过程(涝)和少暴雨过程(旱)的平均大气环流距平场差异,用相关分析确定影响北京夏季旱涝的东亚平均大气环流特征。然后,通过计算北京夏季相当暴雨日数与前期(冬、春季)北太平洋 SST 的相关场,寻找相关性最好的北太平洋海区位置,并分析这些海区与夏季东亚大气环流的遥相关,为北京夏季旱涝的短期气候预报中海洋因子的选择提供线索。

## 1 资 料

高空格点资料是采用我国国家气候中心加工整编的美国 NCEP/NCAR 再分析资料,即 1979~1995 年的 6~8 月逐月 500 hPa 位势高度和 850 hPa  $v$  分量风经纬度网格资料,所选范围为:0°E~180°,10°S~90°N,网格距为 2.5°×2.5°;太平洋海面温度(SST)1979~1995 年逐月平均资料,所选范围:120°E~80°W,10°S~50°N,网格距为 5°×5°;降水资料是选用 1979~1995 年 6~8 月逐日(20:00~20:00 北京时,下同)北京观象台降水资料。

相当暴雨日数是将暴雨过程(过程雨量  $\geq 50$  mm)的总降水量除以 50 所得到的整数<sup>[11]</sup>。将每年 6~8 月所有暴雨过程对应的相当暴雨日数相加,即得到当年 6~8 月的相当暴雨日数( $x$ )。本文定义 6~8 月相当暴雨日数  $\geq 6$  的年份定为偏涝年(按文献[12]给出的公式:总降雨量 = 48.756 $x$  + 223.986 计算,相当于 6~8 月总降雨量超过 520 mm,而北京 6~8 月总降雨量的多年平均值为 459 mm),定义 6~8 月相当暴雨日数  $\leq 3$  的年份(相当于 6~8 月总降雨量小于 370 mm)为偏旱年,并从 1979~1995 年中,选出 1985、1988、1991、1994 年 4 个偏涝年和 1980、1981、1983、1992 年 4 个偏旱年,进行合成对比分析。

## 2 北京夏季旱涝的同期大气环流特征

### 2.1 旱涝年的平均环流对比分析

在 1979~1995 年中,对 4 个偏涝年和 4 个偏旱年的 6~8 月 500 hPa 位势高度距平场和 850 hPa  $v$  分量风场分别进行合成分析,表明:

(1) 偏涝年 6~8 月的 500 hPa 位势高度距平场(图 1a)显示出在欧亚地区有两个明显正距平区:从地中海伸向东欧北部和乌拉尔山的正距平区和以日本海、朝鲜半岛到我国东北地区为中心的正距平区;而在 30°N 以南为一条纬向负距平带,中亚地区到我国新疆北部为负距平区。整个欧亚中高纬度区域出现“二正一负”距平分布。表明在北京偏涝年,西太平洋副高位置偏北,且中心位于日本海到我国东北地区南部,鄂霍次克海高压偏弱,东亚低纬度的副热带高压或热带辐合系统异常活跃,西风带的低值系统向东移向华北

地区。

偏旱年 6~8 月的 500 hPa 位势高度距平场(图 1b)却与偏涝年明显不同。其最显著差异表现在东亚地区:日本海—我国东北地区为负距平中心;鄂霍次克海高压活动地区为明显正距平区;30°N 以南低纬度地区转为正距平。这表明偏旱年的东亚平均槽位置偏东,西太平洋副高位置偏南,脊线平均位置在 30°~20°N。尽管在中亚地区是负距平中心,但由于我国华北及其以北地区大陆高压强盛,致使西风带冷空气东移路径偏北。

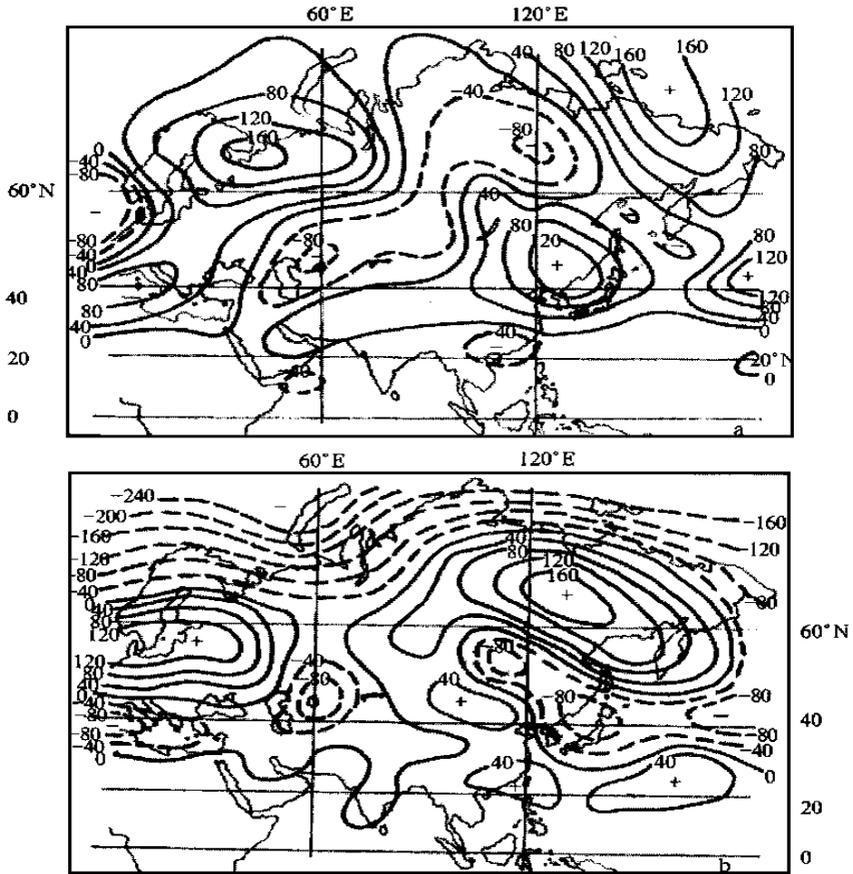


图 1 北京偏涝(a)和偏旱(b)年 6~8 月 500 hPa 位势高度距平合成图  
(等值线单位:  $\times 10^{-2}$  gpm)

与文献[1]中第一类雨型的 6~8 月 500 hPa 位势高度距平图比较,图 1a(偏涝年)与其相似之处在于:一是东欧—新地岛的正距平区;二是日本海—朝鲜半岛的正距平中心,三是东亚低纬度地区大片负距平区。而北京偏旱年的 500 hPa 位势高度距平场(图 1b)与文献[1]中第三类雨带(长江流域多雨)的 500 hPa 位势高度距平场相似之处是鄂霍次克海及远东的正距平中心和日本海—朝鲜半岛的负距平中心并存。

(2) 在 6~8 月 850 hPa  $v$  分量风距平场上,偏涝年(图 2a)从孟加拉湾经中国南海一直向北伸展的大片正距平区,我国东部多偏南风,说明北京夏涝的发生,与东亚季风活跃

有一定联系。偏旱年是 115°E 以东为负距平中心,负距平中心位于黄海—朝鲜半岛,华北地区低空多偏北风(图 2b)。

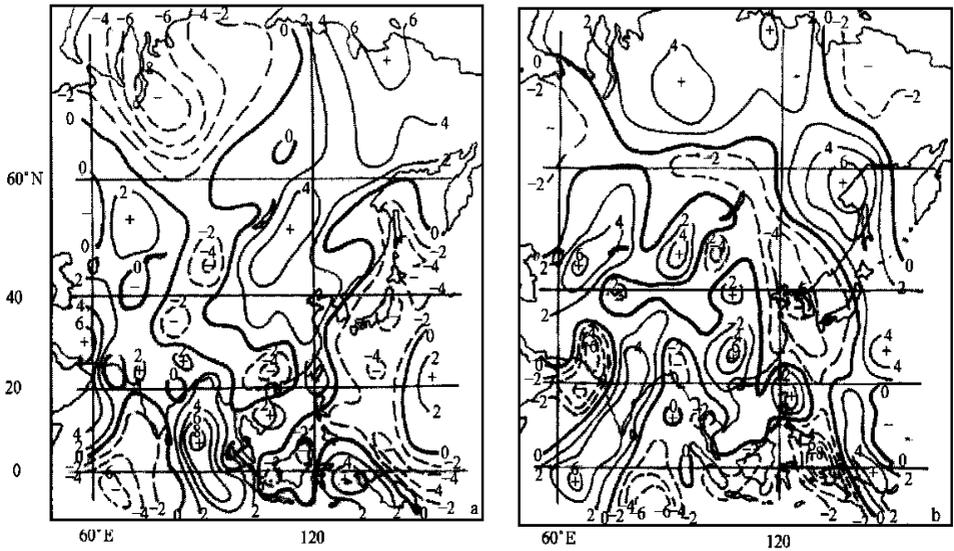


图 2 北京偏涝(a)和偏旱(b)年 6~8 月 850 hPa v 分量风距平合成图  
(等值线单位:  $m \cdot s^{-1}$ )

### 2.2 北京夏季相当暴雨日数与同期平均环流相关分析

用北京夏季(6~8 月)的相当暴雨日数与同期 500 hPa 位势高度和 850 hPa v 分量风求相关,结果如图 3 所示。可见:(1)在东亚的 30°~50°N 纬度内,与 500 hPa 位势高度场有 3 个正相关中心(通过 0.05 信度检验)分别位于 70°~80°E、125°~135°E 和 160°E~180°(图 3a)。表明在北京偏涝年,500 hPa 等压面上的青藏高压偏强偏北,西太平洋副热带高压偏北,特别是日本海—朝鲜半岛上空的副热带高压中心的频繁出现或维持,正是北

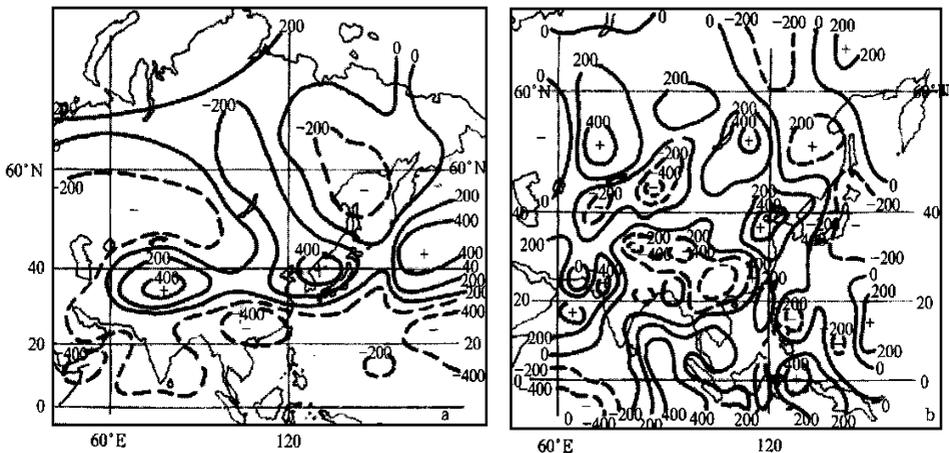


图 3 1979~1995 年北京夏季相当暴雨日数与同期平均大气环流相关场  
(a) 与 500 hPa 位势高度相关场 (b) 与 850 hPa v 分量风相关场(等值线数字均  $\times 10^{-3}$ )

京夏季可能出现暴雨洪涝灾害的 500 hPa 环流形势特征。(2) 在  $30^{\circ}\text{N}$  以南区域, 500 hPa 位势高度场呈现纬向负相关区(图 3a), 尤其是我国江南地区为负距平中心(通过 0.05 信度检验)。说明在北京偏涝年, 这里多低值辐合天气系统活动。由于副热带高压偏北(正距平区在  $30^{\circ}\text{N}$  以北), 故这里的低值系统多为副热带或热带低值辐合天气系统。(3) 在 850 hPa 等压面上(图 3b), 北京夏季相当暴雨日数与  $v$  分量风的正相关区呈现一条从印度洋东部和印度尼西亚地区经我国南海一直伸向我国东部沿岸, 并达  $50^{\circ}\text{N}$  的南北向正相关带, 其中, 以山东半岛和渤海的正相关中心(通过 0.05 信度检验)较引人注目, 它表明来自低纬热带洋面的偏南暖湿气流必须抵达北京的东侧, 这是形成北京夏涝的一个重要条件。

上一节已说明偏涝年平均大气环流形势与偏旱年平均大气环流形势是不同的。而北京夏季总降水量和旱涝趋势, 直接决定于暴雨过程的次数和强度, 即相当暴雨日数的多少<sup>[10~13]</sup>。因此, 多暴雨过程的偏涝年平均环流形势应具有暴雨过程平均环流的某些特点。雷雨顺曾经给出北方 10 次经向型持续性特大暴雨过程合成分析的平均环流形势<sup>[14]</sup>(图 4), 其与图 3 对比, 可以看到:(1) 特大暴雨过程合成分析得到的 500 hPa 等压面上位于暴雨区东、西两侧的高压中心(图 4a), 正好与图 3a 中北京两侧的 500 hPa 位势高度正相关中心位置一致; 而且图 4a 中, 暴雨区西北方的低槽及北部高压脊, 也与图 3a 中从中亚经我国新疆北部到内蒙古西部地区的负相关区和贝加尔湖区的正相关区相对应, 尽管这里的相关系数未通过 0.05 信度检验, 但它们的降水天气学意义是明确的;(2) 图 4a 中高压中心的南侧是纬向低值天气系统(辐合带)区, 也与图 3a 中  $30^{\circ}\text{N}$  以南的负相关区吻合;(3) 在 850 hPa 等压面, 图 4b 表明暴雨区位于“东高西低”形势下, 暴雨区东侧盛行偏南暖湿气流, 这也与图 3b 中位于我国东部沿海, 并直达渤海地区的  $v$  分量正相关带相吻合。

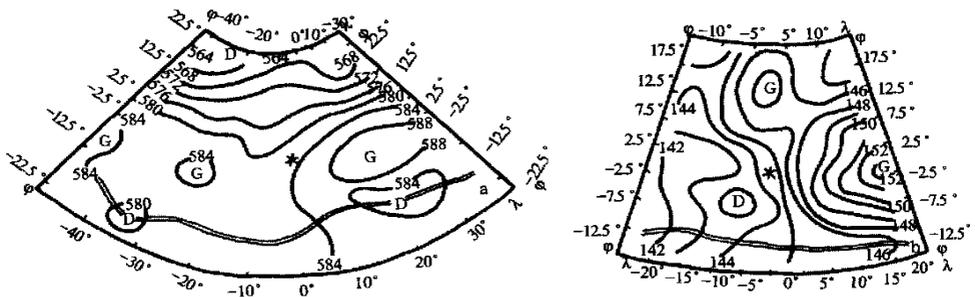


图 4 10 次北方特大暴雨过程开始日 08:00 环流形势合成图<sup>[14]</sup>

(a) 500 hPa 位势高度 (b) 850 hPa 位势高度(等值线单位: dagpm)

### 3 北京夏季旱涝的大气环流关键区与前期北太平洋 SST 的相关分析

众所周知, 海面温度(SST)的异常分布, 是影响夏季大气环流形势异常的重要因子, 特别是西太平洋热带地区 SST 分布的变化, 通过 Hadley 环流影响到副热带高压、赤道辐

合带及西风带气压系统的强弱和位置变化。因此,北京夏季旱涝的平均环流形势应与前期太平洋海面温度的分布特征存在一定联系。

### 3.1 遥相关分析

利用前期(冬季和春季)的北太平洋 SST 与北京 6~8 月的相当暴雨日数求相关系数,得到图 5。可见:

(1) 在冬季的 SST 相关场上(图 5a),有 3 个信度通过 0.05 信度检验的海区,即赤道西太平洋海区(即暖池)正相关区 加利福尼亚寒流区北段负相关区和南段正相关区。尽管在赤道中、东太平洋海区(即 Ni no 1、2、3、4 区)与北京夏季降水存在负相关,但相关系数最大约为 0.2,未通过信度检验。

(2) 在春季的相关场上(图 5b),有 4 个通过 0.05 信度的海区,即赤道西太平洋海区(暖池)正相关区 西风漂流区正相关区 加利福尼亚寒流区北段负相关区和南段正相关区,而在赤道中、东太平洋海区虽然是负相关,但其相关系数未通过信度检验。

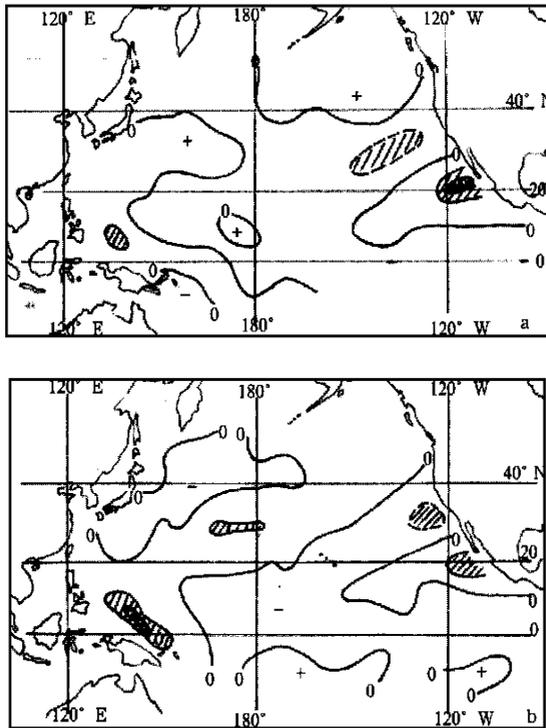


图 5 北京夏季相当暴雨日数与前一年冬季(a)和当年春季(b)的 SST 相关场分布  
(图中实线为正相关线,虚线为负相关线,线内斜线区为通过 0.05 信度检验区,  
阴影区为通过 0.01 信度检验区)

### 3.2 逐年变化分析

将上述通过 0.05 信度检验的北太平洋的冬季 3 个海区和春季 4 个海区的逐年 SST 值分别与逐年北京夏季相当暴雨日数进行拟合,得到他们的逐年变化拟合曲线。结果表

明,逐年夏季相当暴雨日数与前期 SST 拟合对应最佳的是冬季和春季的暖池 SST 值(图 6)。其次是加利福尼亚寒流区南段海区(图略)。因此,正如黄荣辉等在文献[6]中所指出,暖池的 SST 异常对我国东部夏季雨带有重要作用。暖池 SST 异常变化是北京夏季旱涝趋势的强信号之一。

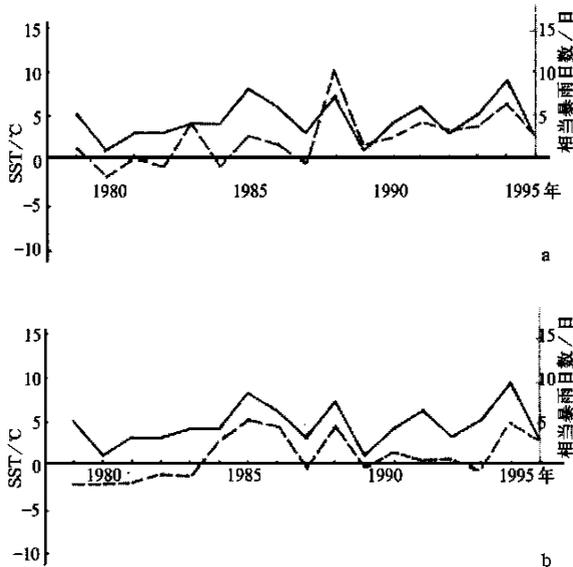


图 6 北京夏季相当暴雨日数(实线)与暖池冬季(a)和当年春季(b)的 SST(虚线)逐年变化曲线

#### 4 春季暖池 SST 与夏季东亚大气环流的遥相关分析

黄荣辉、孙凤英<sup>[8]</sup>指出,当菲律宾周围对流活动强的年份,在夏季 500 hPa 高度场的异常分布,在东亚地区表现为:菲律宾经南海到中印半岛为负距平,我国江淮流域以北的我国北方与日本有一片正距平,在鄂霍次克海上有负距平,在阿拉斯加和阿留申地区有一片正距平。而这些特征正是图 1 所看到的北京夏季旱涝平均 500 hPa 高度场特征。将春季暖池内与北京夏季相当暴雨日数相关通过 0.05 信度检验的海区的 SST 与夏季(6~8月)平均的 500 hPa 高度场和 850 hPa  $v$  分量风场求相关,可得到类似的结论。由图 7 和图 8 可见,(1)在 500 hPa 场上,30°N 以南均为相关负区,日本海、朝鲜半岛和我国东北地区为正相关,鄂霍次克海及东西伯利亚为负距平,与文献[8]结论基本一致。(2)从 500 hPa 高度正、负相关中心区位置来看,与图 3a 的正负中心相对应。除了日本海—朝鲜半岛的正相关中心通过 0.05 信度检验外,我国江南地区和贝加尔湖以西地区(我国新疆以北)的负相关中心通过 0.01 信度检验。与图 4 和图 6 对照,可以看到,春季暖池海区的 SST 出现异常偏暖时,将有利于北京夏季暴雨环流形势的形成。(3)春季暖池 SST 与夏季 850 hPa  $v$  分量风场求相关分布表明(图 8),从赤道西太平洋沿 120°E 附近有经向分布的正相关区,即有偏南风北上,并直达我国华北地区,这正好与图 3b 的结论一致。说明在

春季暖池异常偏暖时低纬度暖湿气流也将异常活跃,有利于形成北京夏季暴雨过程所需要的低空暖湿气流条件。需说明一点,用春季加利福尼亚寒流南段海区 SST 与夏季东亚 500 hPa 和 850 hPa  $v$  分量风场求相关,也可得到上述类似结果,只是相关系数大小有差异,这里不再赘述。

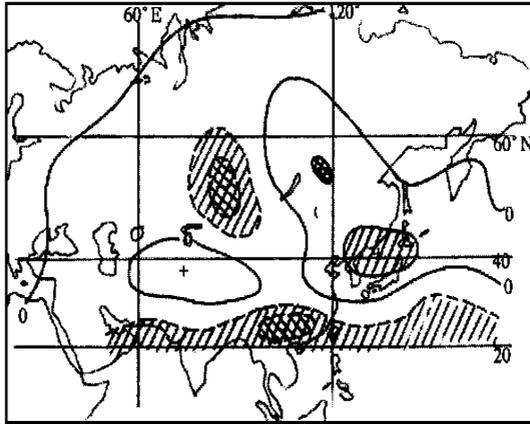


图 7 春季暖池 SST 与夏季 500 hPa 高度相关图(图例同图 5)

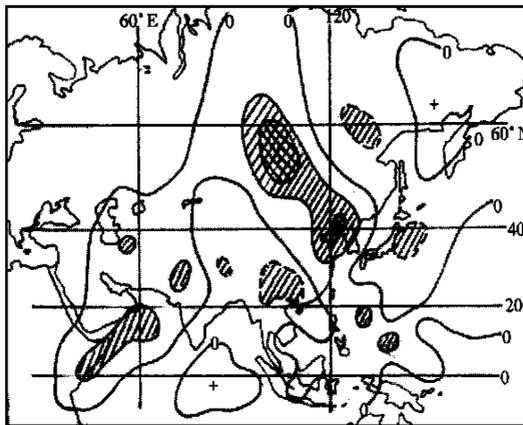


图 8 春季暖池 SST 与夏季 850 hPa  $v$  分量风相关图(图例同图 5)

## 5 结 论

(1) 无论是夏季偏旱年和偏涝年的合成对比分析,还是夏季相当暴雨日数与夏季平均大气环流的相关分析,都表明北京夏季旱涝的平均大气环流,既基本符合北方夏季旱涝的平均大气环流型特征,又有一定的特殊性。例如,在 850 hPa 层的偏南气流必须抵达渤海、山东半岛区域,才能使北京夏季降水偏多。同时北京相当暴雨日数与同期大气环流相

关分析与北方大暴雨过程平均大气环流背景对比结果,对于认识形成北京夏季旱涝的降水过程特点及其物理机制是有益的。

(2) 北京夏季旱涝异常的变化或相当暴雨日数变化与前期北太平洋某海区的 SST 存在一定的遥相关,特别是春季暖池 SST 的异常变化,对形成北京夏季旱涝的大气环流的影响最为显著。黄荣辉等人提出“热带西太平洋热源加强时,从中印半岛到我国南部上空的扰动高度场出现负距平,而从北太平洋、日本到我国长江以北的广大地区的扰动高度场将出现正距平”的观点,对认识北京夏季旱涝的成因是适宜的。可以认为,春季暖池海区 SST 异常变化是预测北京夏季旱涝的一个强信号。同时,前期赤道中、东太平洋海区的 SST 与北京夏季旱涝的负相关不显著的结果表明,所谓 ENSO 冷暖事件与北京夏季旱涝的对应关系是十分复杂的,有待进一步研究。

(3) 北京夏季总降水量的年际变率大,其旱涝成因十分复杂,海气相互作用对其旱涝的影响仅是一个方面,本文只证明了暖池 SST 异常对北京旱涝的东亚大气环流的遥相关。实际上前期欧亚大陆的积雪异常分布也与夏季东亚大气环流异常有密切关系,关于北京夏季旱涝与前期欧亚冬季积雪的遥相关分析,我们将另文阐述。只有把前期太平洋 SST 异常和欧亚大陆积雪异常都与夏季北京旱涝进行分析之后,将其结果综合起来,才可能对北京夏季旱涝的形成物理图像有较全面的认识。

## 参考文献

- 1 廖荃荪,陈桂英,陈国珍,等.北半球西风带环流和我国夏季降水.长期天气预报文集,北京:气象出版社,1982.103~114.
- 2 吴广仁,陈烈庭.中国东部夏季雨带分布类型及其与大气环流异常的关系.灾害性气候的过程及诊断.北京:气象出版社,1996.14~22.
- 3 赵振国.我国汛期旱涝趋势预测进展.气候预测研究,1996,84~93.
- 4 倪允琪,邹力,刘颖,等. ENSO 对亚洲夏季风异常和我国汛期降水影响的诊断研究.中国气候变化和气候影响的研究.北京:气象出版社,1997.235~242.
- 5 吴正华,储锁龙.北京汛期暴雨与厄尔尼诺事件.气象,1998,24(5):14~18.
- 6 黄荣辉,李维京.夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制.大气科学,1988,12(增刊):107~115.
- 7 孙柏民,孙淑清.海温在东亚季风影响江淮流域旱涝中的作用.灾害性气候的过程及诊断.北京:气象出版社,1996.46~53.
- 8 黄荣辉,孙凤英.热带西太平洋暖池的热状态及其上空对东亚夏季气候异常的影响.大气科学,1994,18(2):141~151.
- 9 黄嘉佑,张镡.华北地区旱涝变化与全球变暖.气候预测研究,1996,131~138.
- 10 陆晨,李青春.北京夏季不同等级降水过程与旱涝关系的分析.气象,1998,24(3):38~41.
- 11 吴正华,储锁龙.北京暴雨与旱涝关系的分析.应用气象学报,1998,9(4):492~495.
- 12 吴正华,李海盛,储锁龙.汛期相当暴雨日数与总降水量的定量关系.气象,1998,24(12):13~17.
- 13 吴正华,储锁龙,李海盛.北京相当暴雨日数的气候特征.大气科学,2000,24(1):58~66.
- 14 雷雨顺.经向性持续性特大暴雨的合成分析.气象学报,1981,39(2):168~181.

## CHARACTERISTICS OF ATMOSPHERIC CIRCULATION DURING SUMMER DROUGHTS/ FLOODS OVER BEIJING AREA AND THEIR RELATION WITH THE EARLIER STAGE SST OVER THE NORTH PACIFIC

Wu Zhenghua Li Qingchun Lu Chen

(*Beijing Research Institute of Meteorological Science, Beijing 100089*)

### Abstract

Using the monthly re-analyzed NOAA/ NCAR grid point data of 1979 to 1995, the monthly SST data over the Pacific and summer equivalent torrential rain day data of the Beijing area, a composite analysis of the mean atmospheric circulation during droughts and floods and the correlation analysis between summer mean atmospheric circulation and earlier Pacific SST are carried out. There exist obvious discrepancies in the mean atmospheric circulation during summer droughts and floods over the Beijing area. Both the departure field of the mean atmospheric circulation in summer in flood years and the correlation field between the summer mean atmospheric circulation in East Asia and the number of summer equivalent torrential rain days in the Beijing area possess the main characteristics of the mean circulation pattern for the torrential rain process in North China. The correlation between SST of the Warm Pool and the number of summer equivalent torrential rain days in the Beijing area passed the significance test. The earlier SSTA of the warm pool is a strong signal for the summer droughts/floods over the Beijing area.

**Key words:** Summer drought/flood Atmospheric circulation Warm pool SST