

# 近 50 年华北干旱的年代际和年际 变化及大气环流特征 \*

张庆云 卫 捷 陶诗言

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

**摘 要** 利用 1948~2000 年 NCEP/NCAR 再分析逐日及月平均位势高度、风、温度、垂直速度等物理量和中国气温、降水资料, 分析近 50 年中国华北地区干旱的年代际、年际变化及其环流特征, 并探讨 1999 和 2000 年华北地区持续干旱环流型及其成因。研究指出: 20 世纪 80 年代以来华北地区降水持续偏少, 干旱强度有所增加, 这与夏季 200 hPa 矢量风距平场亚洲中纬度西风环流加强, 850 hPa 风矢量距平场中国东部 110~120°E 范围内偏南气流比气候平均状况偏弱有关。夏季华北降水偏少的一种主要大气环流型是: 500 hPa 位势高度场上 40~50°N 的欧亚大陆位势高度偏高并叠加欧亚 (EU) 遥相关型, 华北大部分地区受高压控制。1999 和 2000 年夏华北地区持续严重干旱的主要环流特征是: 亚洲大陆高压持续发展、长期维持并相当稳定, 华北地区上空受闭合暖性高压控制, 高空暖性高压气流强烈下沉, 引起空气绝热增温, 近地面感热增加使得干旱区气温升高, 下垫面非绝热强迫作用与大陆暖高压加强形成正反馈过程。

**关键词:** 华北干旱; 大陆高压; 欧亚波列

24 8

## 1 引言

我国地处东亚季风区, 由于季风降水时空变化大, 干旱、洪涝等气候灾害经常发生。干旱灾害与其他的气象灾害不同, 它的开始时间往往是模糊不清的, 干旱灾害的发生是在较长时期晴朗少雨的天气气候过程中积累而成, 而且干旱灾害的后果又经常要在一个季甚至几年以后才能反映出来。中国科学技术蓝皮书第 5 号将干旱列为我国气候灾害之首, 而华北地区发生干旱的频率又居全国之首。历史上华北旱灾的次数也远远多于洪涝, 自公元初至 19 世纪期间在华北境内发生水灾 650 次、旱灾 980 次<sup>[1]</sup>。20 世纪 60 年代中期以后特别是 80 年代以来, 我国华北地区出现了连续干旱现象: 1972 年长江以北大旱, 黄河开始断流, 旱期从春季持续到夏季; 1986 年长江以北地区出现夏秋冬连旱和大旱; 1987 年内蒙、西北、华北出现严重旱情; 1994 年江淮、黄淮流域大范围严重干旱; 1997 年 1~3 月初黄河源头第一次出现断流现象, 黄河中下游全年断流 225 天, 断流长度达 700 多 km<sup>[1]</sup>, 长江以北地区夏秋出现严重干旱; 1999~

2002-05-08 收到, 2003-05-23 收到再改稿

\* 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900 第一部分及中国科学院知识创新项目 KZCX2-203 和 ZKCX2-SW-210 共同资助

1) 黄河水利委员会, 黄河水资源开发利用及存在问题, 中国科学院院士考察组汇报材料, 1998, 37pp.

2000年华北和东北地区出现近50年来少有的持续两年的严重干旱气候灾害,同时出现了高温酷暑(热浪)天气,2000年春季北方地区沙尘暴天气频繁发生。频繁的干旱及高温<sup>[2]</sup>使华北水资源显得更为紧张,华北水资源前景如何,这对工农业生产及人类生活都十分重要,华北干旱现象也越来越成为人们关注的问题。

李克让等<sup>[3]</sup>分析了中国160个气象站1951~1988年的降水资料,发现降水减少最多的地区是华北,20世纪80年代比50年代减少24%,其次是山东和内蒙古分别减少为16.8%和14.7%。张庆云<sup>[4]</sup>研究了1880~1997年华北降水变化后指出:华北降水存在显著的年际和年代际变化,1883~1898年和1949~1964年是华北降水相对较丰沛时段,1899~1920年和1965~1997年华北降水处于相对偏少阶段,其中1980~1993年降水持续偏少,干旱现象严重。陈烈庭<sup>[5]</sup>研究了华北各区1951~1997年夏季降水的地域性特征,指出华北地区近40多年中发生过2次突然变干的过程,一次在20世纪60年代中期,另一次在70年代末期。后者突变无论在程度或范围上都比前者突变要大。这些研究表明20世纪50年代到60年代中期华北降水相对较丰沛,60年代中期以后处于相对偏少阶段,华北降水有显著的年代际变化特征。黄荣辉和张庆云<sup>[6]</sup>、张庆云和陈烈庭<sup>[7]</sup>的研究还表明,华北地区的干旱现象与北非撒哈拉次大陆的干旱趋势相似,这说明华北干旱的年代际变化是一个较强的气候变化现象。黄荣辉等<sup>[8]</sup>研究指出,这种气候变化可能主要是由于60年代中期和80年代到90年代初赤道中、东太平洋海表温度明显增加所造成。

迄今为止,对于华北干旱的气候特征和异常成因虽然有了一定的认识,但由于干旱天气气候的形成是一个复杂的天气过程,大范围的干旱发生后,干燥土壤的反馈作用既有利干旱加剧又有利异常大气环流的维持,然而对于其中的一些物理过程以及华北地区干旱气候的年际、年代际的大气环流异常特征,我们并不十分清楚,为了较好地认识、了解华北地区干旱气候的年代际、年际异常的大气环流特征,本文根据1951~2000年华北地区干旱指数的变化趋势,探讨华北地区降水较丰沛时段和降水较少时段高以及低空风场和500 hPa高度场的年代际变化差异;并对1999和2000年华北地区持续干旱过程的大气环流异常特征即位势高度、风、温度、垂直速度、下垫面感热、潜热等物理量进行诊断分析。

## 2 资料

本文所用的月平均及逐日位势高度、风、温度以及垂直速度、水汽、近地面层加热场等物理量都是取自NCEP/NCAR再分析资料。中国气温与降水资料采用中国气象局整编的1951年1月~2000年10月中国160站气温、降水资料。

## 3 华北干旱气候的年代际变化特征

图1给出1951~2000年夏季华北地区17站10年滑动平均逐年Palmer干旱指数<sup>[9]</sup>,图中的正距平表示气候相对湿润,负距平表示气候相对干燥。从图1可见,20世纪50年代初到60年代中期表现为正距平,表明这个时段华北地区气候相对湿润;70年代末到20世纪末的近20多年为负距平,表明华北地区气候相对干燥,并出现了持续性干旱现象。分析表明,

20 世纪 70 年代末以来华北地区的持续性干旱现象与华北降水处于年代际变化偏少阶段有关。当华北地区降水处于年代际变化的少雨期，又发生了年际变化的干旱事件，其干旱程度便会表现的非常严重。如 1972 年华北春夏连旱，黄河在济南以下断流达 20 多天，海河出现有记录以来最低水位；以及 1980 年和 1997 年华北地区的严重干旱事件都是由于年代际变化的干旱期和年际变化的干旱期叠加造成；但如果年际变化的干旱事件发生在年代际降水多雨时段，其干旱程度并不会非常严重。

华北地区干旱的产生、发展、维持与洪涝过程的环流特征有明显的不同，华北地区年代际干旱过程是一个较强的气候现象。为了较好的认识华北地区年代际干旱气候的环流特征，以及华北地区的年代际干旱现象与全球大气环流异常的关系，图 2a、b

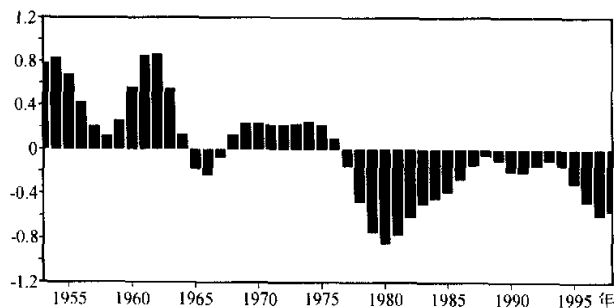


图 1 华北地区 6~8 月 Palmer 干旱指数 10 年滑动平均

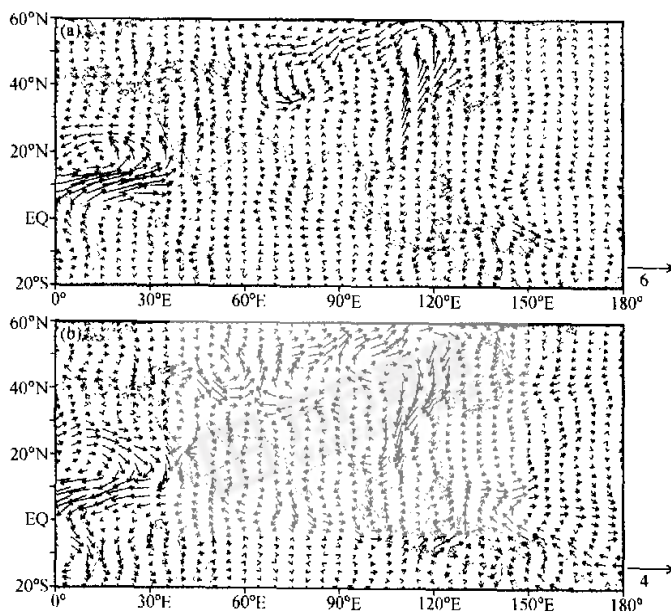


图 2 多年 6~8 月平均的 850 hPa 矢量风距平 (单位:  $\text{m s}^{-1}$ )

(a) 华北地区降水偏多期 (1950~1965 年); (b) 华北地区降水偏少期 (1980~1997 年)

分别给出华北地区相对多雨期及少雨期 850 hPa 风矢量距平场的变化 (距平场都是对 1948~1998 年平均, 下同)。图 2a 是 1950~1965 年夏季华北地区降水处于相对多雨期的风矢量距平场。在我国东部 110~120°E 范围内, 从低纬度到高纬度呈现为西南风距平, 即在华北降水相对偏多期, 850 hPa 风矢量距平场上, 我国东部地区的风矢量距平变化与气候平均状况相同 (图 2a)。这说明夏季华北降水偏多时, 我国东部 110~120°E 范围内低层西南风偏强。在华北干旱期 1980~1997 年夏季, 我国东部 110~120°E 范围内从低纬到高纬, 其 850 hPa 矢量风距平场的变化与气候平均状况相反, 出现了东北风距平 (图 2b)。这表明夏季我国东部 110~120°E 范围内低层西南风比气候平均状况偏弱时, 输送到华北地区的水汽减少, 这是造成华北干旱的原因之一。此外从图 2a、b 还可见, 北非季风区 (5~15°N, 0~40°E) 风矢量距平的年代际变化趋势与华北降水偏多或偏少的年代际变化现象一致, 即 1950~1965 年夏季出现西南风距平 (见图 2a), 1980~1997 年出现东北风距平 (见图 2b)。这一方面说明了为什么华北地区降水的年代际变化趋势与北非降水的年代际变化趋势一致, 另一方面也说明华北干旱过程是一个较强的全球气候变化现象, 华北地区的年代际干旱现象是全球大气环流异常造成的。

从图 2 清楚可见, 中国东部低层风场的变化存在显著的年代际变化趋势, 夏季华北地区降水的多寡除了受低层环流影响外, 还与高层环流变化有关。高层环流是否存在显著的年代际变化? 图 3a 和 3b 分别给出夏季华北相对多雨期与少雨期 200 hPa 风距平场变化。图 3a 是 1950~1965 年夏季华北多雨期 200 hPa 风距平场, 在亚洲大陆中

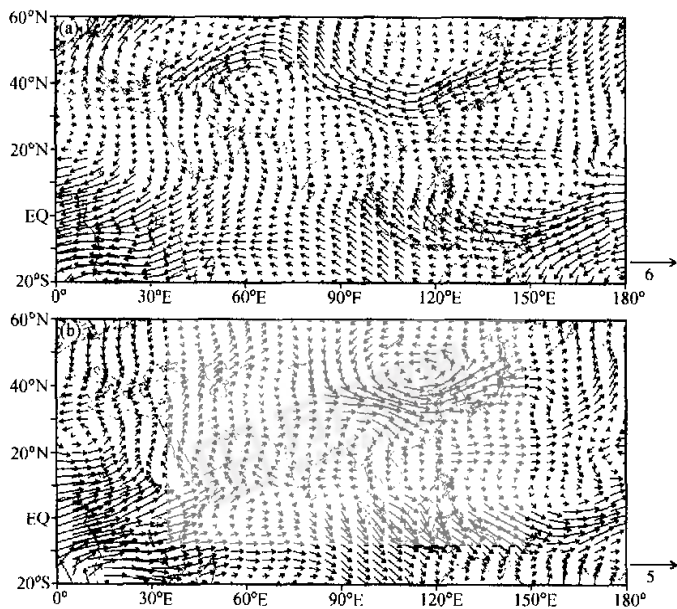


图 3 多年 6~8 月平均的 200 hPa 矢量风距平 (单位:  $\text{m s}^{-1}$ )

(a) 华北地区降水偏多期 (1950~1965 年); (b) 华北地区降水偏少期 (1980~1997 年);

纬度西风带上出现东风距平, 距平的方向与气候平均状况相反, 这表明华北多雨期的夏季, 200 hPa 风距平场上中纬度的西风环流比气候平均状况偏弱。华北干旱期 (1980~1997 年) 的夏季, 200 hPa 风距平场上亚洲大陆中纬度西风带距平风的方向与气候平均状况相同 (见图 3b), 这说明华北降水偏少期的夏季, 200 hPa 风距平场上亚洲大陆中纬度西风环流比气候平均状况偏强。从图 3a、b 还可见, 北非季风区 ( $5\sim 15^{\circ}\text{N}$ ,  $0\sim 40^{\circ}\text{E}$ ) 风矢量距平的年代际变化趋势也与华北降水偏多、偏少期的年代际变化一致。

从上可见, 夏季华北地区少雨干旱和多雨湿润的年代际变化特征, 在低层和高层的风场都有显著差别。华北地区少雨干旱或多雨湿润的气候特征不是局地现象, 而是东亚气候对全球气候年代际变化的响应。华北地区少雨干旱和多雨湿润的年代际环流除了高、低空风场有显著差别外, 中层 500 hPa 高度距平场也有显著变化。图 4a、b 分别给出华北地区降水偏多和偏少期 500 hPa 高度距平场的变化 (气候平均是 1949~1999 年)。华北降水相对偏多期的 1950~1965 年夏季, 500 hPa 高度距平场上高纬度为正距平区, 亚洲中纬度 ( $40\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 地区出现负距平 (见图 4a)。这表明华北多雨期的夏季, 500 hPa 高度距平场上亚洲中纬度位势高度比气候平均状况偏低, 华北地区上空多低压系统活动; 华北降水相对偏少期 (1980~1997 年) 的夏季, 500 hPa 高度距平场上高纬度为负距平区, 亚洲中纬度 ( $40\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 出现正距平 (见图 4b)。这表明华北少雨期的夏季, 500 hPa 高度距平场上亚洲中纬度位势高度比气候平均状况偏高, 华北地区上空多高压系统活动。由此可见, 夏季华北地区发生于旱的基本环流条件是, 500 hPa 高度场上亚洲中纬度 ( $40\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 位势高度偏高。

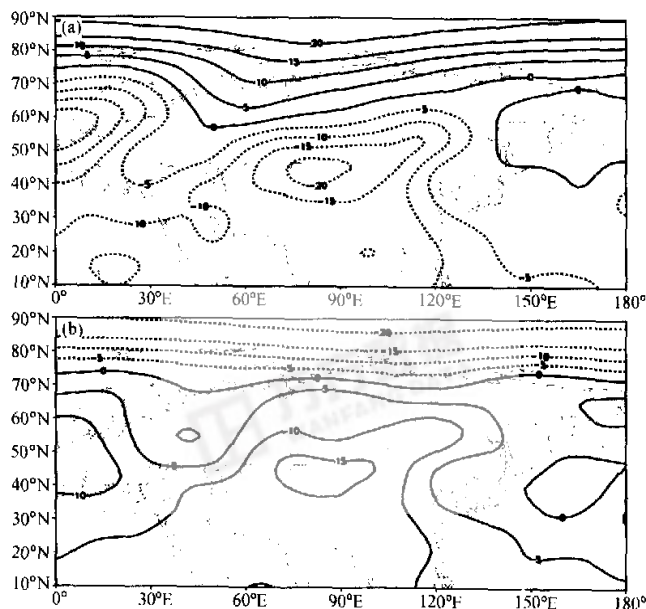


图 4 多年 6~8 月平均的 500 hPa 高度距平 (单位: gpm)  
(a) 华北地区降水偏多期 (1950~1965 年); (b) 华北地区降水偏少期 (1980~1997 年)  
虚线: 负距平, 实线: 正距平

#### 4 华北地区降水典型异常年的环流特征

上节分析表明,华北地区干旱少雨期的年代际环流基本特征是:850 hPa 风场上中国东部  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$  范围内,偏南气流比气候平均偏弱,500 hPa 高度场上亚洲中纬度 ( $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 位势高度偏高,200 hPa 风场上亚洲中纬度西风环流比气候平均状况偏强。那么华北典型少雨干旱和多雨湿润年,大气环流的年际变化有何异常特征?图 5a、b 分别是华北地区降水异常偏少年(1968、1972、1981、1982、1992 和 1997 年)和异常偏多年(1954、1956、1963、1964、1971 和 1990 年)7 月 500 hPa 高度距平合成。华北典型干旱年夏季,500 hPa 高度距平场上亚洲  $60^{\circ}\text{N}$  以北为负距平,亚洲中纬度 ( $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ,  $90^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ ) 为正距平区,即该区域位势高度偏高;此外,欧亚大陆 ( $0^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ,  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 的中纬度带上叠加了欧亚 (EU) 遥相关波列,  $30^{\circ}\text{E}$  和  $120^{\circ}\text{E}$  分别为高压中心,  $70^{\circ}\text{E}$  为负中心,华北大部分地区受高压中心控制(图 5a)。这表明夏季 EU 遥相关型的存在是华北地区典型干旱灾害的主要环流特征。华北典型湿润年夏季 500 hPa 高度距平场上大气环流的异常特征与典型干旱年相反,500 hPa 高度距平场上亚洲  $60^{\circ}\text{N}$  以北的高度距平为正距平,亚洲中纬度 ( $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ) 范围为负距平区,即亚洲中纬度位势高度偏低。华北典型湿润年夏季,华北大部分地区受低压控制(图 5b),有利于低压瞬变扰动加强。

由上可知,夏季华北地区发生干旱灾害的异常环流特征是:  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$  的欧亚范围位势高度偏高,并叠加 EU 遥相关型。关于夏季欧亚大陆 EU 遥相关型以及华北干旱的环流异常机理,是一个涉及海气相互作用、波流相互作用和陆气相互作用的综合问题,关于相互作用的影响问题,不是本工作的研究重点。

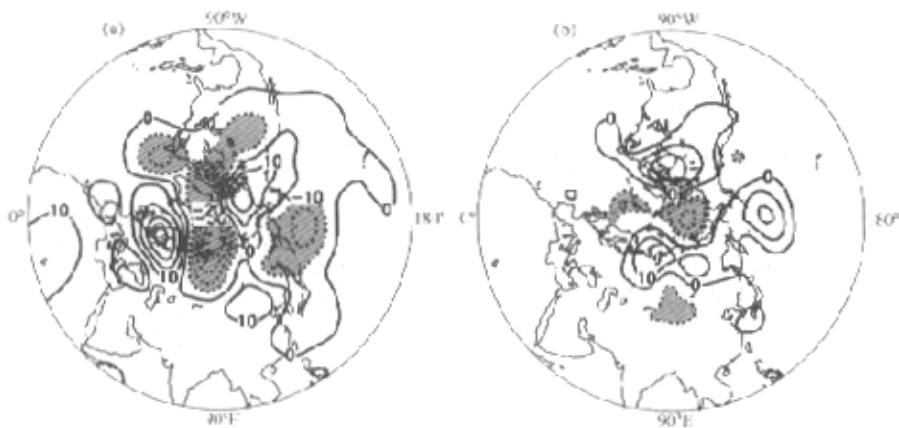


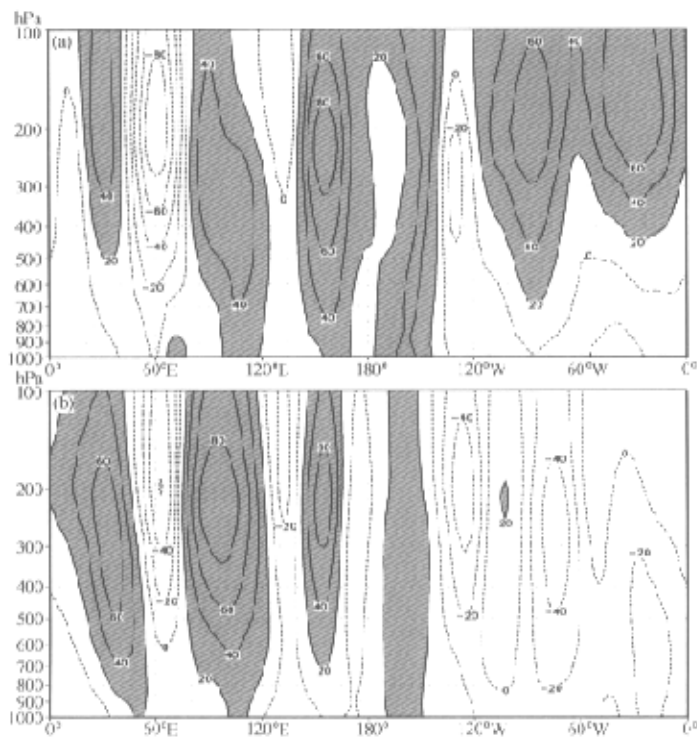
图 5 7 月 500 hPa 高度距平合成 (单位: gpm)

(a) 华北降水异常偏少年 (阴影区  $\leq -10$  gpm); (b) 华北降水异常偏多年 (阴影区  $\leq -15$  gpm);

虚线: 负距平, 实线: 正距平, 等值线间隔 10

## 5 1999~2000 年夏季华北持续干旱的环流特征

1999~2000 年华北和东北地区出现了近 50 年来少有的持续两年的严重干旱气候灾害,并出现了高温酷暑(热浪)天气,2000 年春季北方地区沙尘暴天气频繁发生。1999 和 2000 年 1、4、7、10 各月 Palmer 干旱指数的分布图表明(图略),这两年 7 月华北地区干旱指数分别达-6 以上(干旱指数在-3.0~-3.99 为严重干旱,干旱指数 $\leq -4.00$ 为极端干旱)<sup>[9]</sup>,严重的干旱现象从华北向东北扩展。1999 和 2000 年 7 月 500 hPa 高度距平图(图略)清楚可见,夏季欧亚大陆中纬度范围位势高度偏高,欧亚大陆中纬度(40~50°N, 0~140°E)带上出现 EU 型静止波列,分析表明,1999 和 2000 年华北地区持续两年的严重干旱气候灾害现象,是欧亚大陆 EU 遥相关波列的持续发展以及异常环流型具有相当稳定性造成。为了清楚看出华北上空环流型的异常,图 6 给出 1999 和 2000 年 7 月 1 000~100 hPa 高度场高度-经度(37.5~42.5°N 平均)剖面。





从图可见,无论是1999年还是2000年夏季(7月),欧亚大陆EU遥相关波列十分清楚。在 $90^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 东亚大陆地区从 $600\sim 100\text{ hPa}$ 都出现较大的正距平,即东亚大陆地区受深厚高压控制,最强的正距平中心出现在对流层中上层,特别是2000年7月正距平中心强度达80位势米。华北地区上空这个暖性高压维持了21天,该区域干旱指数达-7(图略),出现了极端干旱事件。研究表明,东亚大陆中纬度地区深厚暖性高压的稳定和维持是造成1999和2000年华北干旱的主要原因之一。

干旱的发生除了受降水异常偏少影响外,还与温度偏高有关。图7给出1999和2000年7月温度距平-经度( $37.5^{\circ}\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ 平均)剖面。从图可见,无论是1999年还是2000年7月, $90^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 的东亚大陆地区从地面到 $300\text{ hPa}$ 都受正距平控制,最强的温度中心出现在地面到 $800\text{ hPa}$ 高度之间,特别是2000年7月,最强的正距平达 $3\text{ K}$ ,1999年7月最强的正距平也达 $2\text{ K}$ 。这说明 $90^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 的东亚大陆中纬度地区受深厚暖性高压控制时,不仅引起华北极端干旱还带来极端高温。华北地区出现极端干旱和高温时的主要环流型是,东亚大陆东部深厚暖性高压的维持和发展。此外,1999和2000年夏季输送到华北的水汽较少,水汽通道位于 $120^{\circ}\text{E}$ 以东洋面,避开了中国大陆

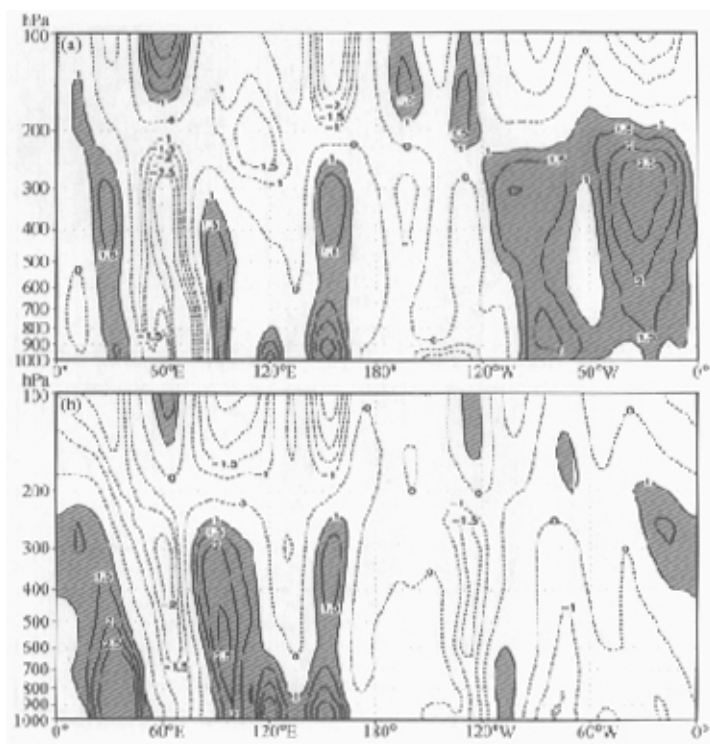


图7 7月1000~100 hPa温度距平-经度( $37.5^{\circ}\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ 平均)剖面(单位:K)

(a) 1999年; (b) 2000年

虚线:负距平,实线:正距平,阴影区 $\geq 1\text{ K}$ ,等值线间隔 $0.5$



(图略)，也就是说 1999 和 2000 年夏到达华北地区的水汽比常态减少。

从上可见，1999 和 2000 年夏季华北地区极端干旱事件与干旱区上空闭合暖性高压系统有关。闭合暖性高压造成高空气流强烈下沉，空气绝热增温，使得近地面感热增加，干旱区气温升高。为了清楚看出上述物理量的变化，图 8a、b 给出 1999 和 2000 年 7 月近地面层 1 000 hPa 垂直速度距平场的分布。从图可见，(115~120°E, 35~45°N) 华北地区近地面层的垂直速度呈现正距平 ( $w>0$  表示下沉运动)，说明闭合暖性高压造成高空气流强烈下沉；2000 年垂直速度场上正距平区的范围和强度比 1999 年更强，这与 2000 年的干旱强度比 1999 年偏强是一致的。

为了进一步说明华北上空的闭合暖性高压引起高空气流强烈下沉，空气绝热增温造成华北地区近地面层的感热增加，图 9a、b 分别给出 1999 年 7 月近地面 1 000 hPa 感热、潜热距平分布。由图 9a 可见，华北地区呈现为感热正距平区，其强度值达  $10 \text{ W m}^{-2}$  以上；由图 9b 可见，华北地区呈现为潜热负距平区，其距平中心值达  $-10 \text{ W m}^{-2}$  以上。

图 10a、b 分别是 2000 年 7 月近地面 1 000 hPa 感热、潜热距平分布。由图 10a 可见，华北地区为感热正距平区，其距平中心值达  $30 \text{ W m}^{-2}$  以上；由图 10b 可见，华北地区呈现潜热负距平区，其距平中心值达  $-30 \text{ W m}^{-2}$ 。从图 10a、b 可见，2000 年夏季，华北地区近地面感热、潜热的异常度都比 1999 年夏季强，这与图 8a、b 华北地区近地面层垂直速度的变化一致。由此可见，2000 年夏季华北地区干旱、高温现象比

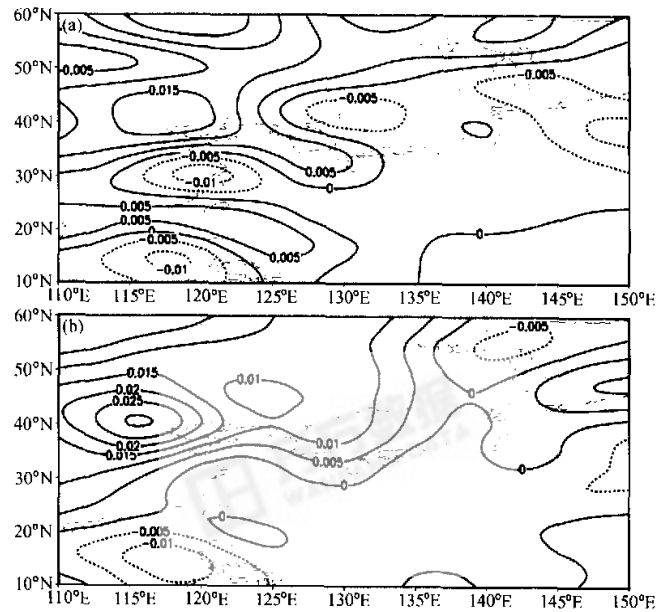


图 8 7 月 1 000 hPa 垂直速度的距平分布 (单位:  $\text{Pa s}^{-1}$ )

(a) 1999 年; (b) 2000 年

$w>0$  表示下沉运动,  $w<0$  表示上升运动

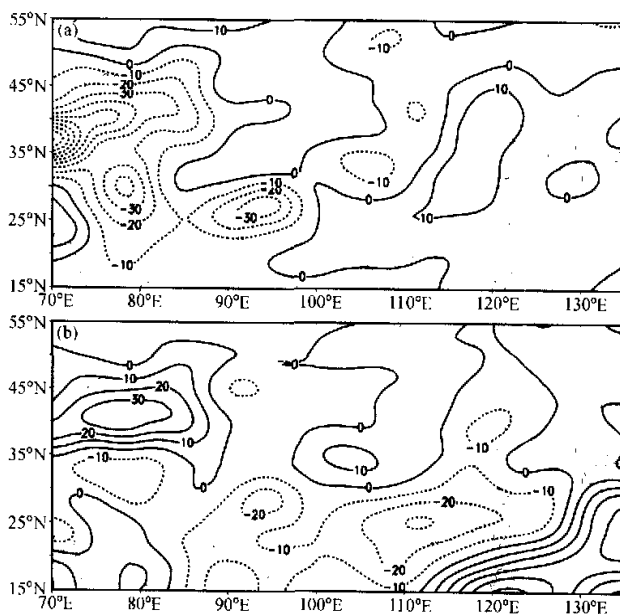


图9 1999年7月1000 hPa (a) 感热、(b) 潜热距平分布(单位:  $\text{W m}^{-2}$ )  
虚线: 负距平, 实线: 正距平

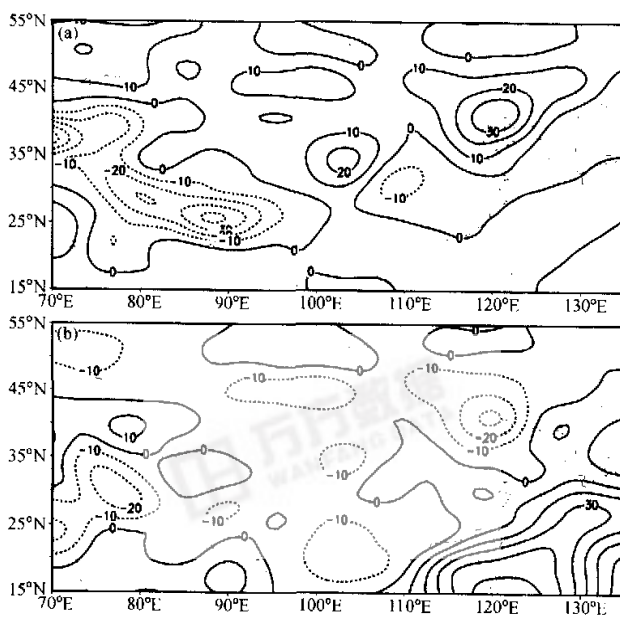


图10 2000年7月1000 hPa (a) 感热、(b) 潜热距平分布(单位:  $\text{W m}^{-2}$ )  
虚线: 负距平, 实线: 正距平

1999 年更严重,与华北地区上空闭合暖性高压强度更强造成高空气流强烈下沉以及华北地区近地面层感热增强有关。

综上所述,1999 和 2000 年夏季华北地区严重干旱气候灾害的环流特征是:欧亚大陆中纬度地区位势高度场偏高,在( $0\sim 140^{\circ}\text{E}$ ,  $40\sim 50^{\circ}\text{N}$ )范围内出现 EU 型波列;华北地区上空维持一个深厚暖性高压,高空气流强烈下沉引起空气绝热增温;近地面感热增加、潜热减少,造成华北地区气温持续升高及干旱强度增强;局地下垫面非绝热强迫作用与大陆暖高压的加强形成正反馈过程,造成华北地区干旱维持与发展。

## 6 总结与讨论

对 1951~2000 年华北地区 Palmer 干旱指数变化特征和华北地区 6 个典型干旱年以及 1999~2000 年华北持续干旱过程的分析研究,得到如下结论:

(1) 夏季华北地区干旱现象有显著的年代际和年际变化特征,20 世纪 80 年代以来,华北地区干旱强度的增强,是华北地区年代际干旱环流型与年际干旱环流型叠加造成。850 hPa 风场中国东部  $110\sim 120^{\circ}\text{E}$  范围偏南气流比气候平均偏弱,500 hPa 高度场亚洲  $40\sim 50^{\circ}\text{N}$  中纬度地区位势高度偏高,200 hPa 风场亚洲大陆中纬度西风环流比气候平均状况偏强,是华北地区干旱少雨的年代际环流特征。华北干旱的年代际环流异常特征不是局地现象,而是东亚年代际气候变化对全球年代际气候变化的响应。

(2) 华北地区典型干旱年的夏季,500 hPa 高度距平场上亚洲  $40\sim 50^{\circ}\text{N}$  的位势高度偏高,欧亚  $40\sim 50^{\circ}\text{N}$  出现 EU 遥相关型的距平波列,华北大部分地区受高压中心控制。夏季华北地区干旱灾害的一种主要大气环流型是,欧亚大陆中纬度位势高度偏高并迭加 EU 遥相关型。华北干旱区一般出现在 500 hPa 浅高压脊附近和高压脊的下游。

(3) 1999 和 2000 年夏季华北地区发生了严重干旱,除上述的欧亚大陆高压系统持续发展 and EU 遥相关型长期维持具有相当稳定性外,华北地区上空维持一个深厚暖性高压,高空气流强烈下沉引起空气绝热增温,近地面感热增加造成干旱区域气温持续升高,局地下垫面非绝热强迫作用与大陆暖高压的加强形成正反馈过程,使华北地区干旱强度加强。

通过对 1951~2000 年华北夏季典型干旱年及 1999 和 2000 年夏季持续干旱过程的综合诊断分析,对夏季华北干旱的大气环流异常特征有了一定认识,但干旱灾害的发生及其持续是多因子综合作用的结果,特别是华北地区干旱的年代际变化是一个较强的气候现象。因此关于华北地区干旱的发展维持与成因还有很多问题值得深入研究,特别是中高纬大气环流的变化和三大洋海面温度的异常(SSTA)及其海气相互作用对华北干旱物理过程的影响还有待进一步的深入研究。

## 参 考 文 献

- 1 竺可桢著,李良驹译,华北之干旱及其前后因果,地理学报,1934,1(2),1~9.
- 2 谢庄、崔继良、刘海涛等,华北和北京的酷暑天气 I. 历史概况及个例分析,气候与环境研究,1999,4(4),323~333.

- 3 李克让主编, 中国气候变化及其影响, 北京: 海洋出版社, 1992.
- 4 张庆云, 1880 年以来华北降水及水资源的变化, 高原气象, 1999, **18** (4), 485~495.
- 5 陈烈庭, 华北各区夏季降水年际和年代际的地域特征, 高原气象, 1999, **18** (4), 477~485.
- 6 黄荣辉、张庆云, 华北降水的年代际变化及其对经济的影响, 关于华北地区水资源合理开发利用论文集, 北京: 水利电力出版社, 1990, 95~101.
- 7 张庆云、陈烈庭, 近 30 年来中国气候的干湿变化, 大气科学, 1991, **15** (5), 72~81.
- 8 黄荣辉、徐予红、周连堂, 我国夏季降水的年代际变化及干旱化趋势, 高原气象, 1999, **18** (4), 465~476.
- 9 卫捷, 华北夏季干旱气候灾害的物理成因分析, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 2001.

## The Decadal and Interannual Variations of Drought in the Northern China and Association with the Circulations

Zhang Qingyun, Wei jie, and Tao Shiyan

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Abstract** A study of the decadal and interannual variations of drought in the northern China during summer is presented. There were a plentiful rainfall during 1951~1964 and a less rainfall during 1980~1997. The decadal drought pattern during 1980~1997 at 500 hPa was that the anomalous height in middle latitude over Eurasia continent were above normal. There were total different wind anomalous patterns at 200 hPa and 850 hPa between during the period of 1950~1965 and 1980~1997. The pattern of the typical drought year over the northern China was there was the teleconnect pattern over Eurasia continent (EU pattern) at 500 hPa which means the anticyclone occupied in the northern China. The main character for drought in the northern China during 1999~2000 was that the positive anomalous height in the middle latitude of Eurasia continent at 500 hPa jointed EU pattern.

**Key words:** drought in northern China; continental anticyclone; EU pattern.

万方数据  
WANFANG DATA