

西太平洋副热带高压的年代际变化 及其气候影响

龚道溢^{1,2}, 何学光¹

(1. 北京师范大学 资源科学研究所 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875;
2. 汉城国立大学 地球与环境科学学院, 汉城 151-742)

摘要: 西北太平洋副热带高压是影响我国夏季气候的一个非常重要的环流系统, 本文主要分析了其年代际尺度的变化。发现在 1979/1980 年前后, 其强度和范围发生了一次明显的年代际尺度的变化。1980 年代以来, 副高明显偏强, 范围向西向南显著扩展。副高的年代际变化也对我东部地区的气候产生了显著的影响。主要表现在近 20 多年来长江中下游地区夏季降水显著增加, 华南地区夏季气温显著偏高, 以及西太平洋 20°N 以南台风活动相对偏弱而 20°N 以北洋面台风活动相对增强。副高的年代际变化与冬、春季赤道太平洋海表温度及同期热带印度洋海温有密切联系。

关键词: 西太平洋副热带高压; 年代际变化; 影响

中图分类号: P467 A

我国东部地区夏季的气候主要受东亚夏季风影响。在大的尺度上影响或控制东亚夏季风的环流系统有两个, 一个是中心位于 40°N 的东亚夏季高空急流, 另外一个位置偏南的西太平洋副热带高压^[1]。其中西太平洋副热带高压因为其控制面积巨大, 而且在对流层中层以下最突出, 对近地面的气候影响更直接和显著, 所以历来受到人们的重视^[2]。不过以往的研究多注重其年际变化及其气候影响, 而近来人们注意到我国的气候有明显的年代际变化, 了解气候年代际变化的环流背景和成因对年际和年代际气候异常的认识和预测能提供较大的帮助。

因此, 本文的目的是分析西太平洋副热带高压的年代际变化, 以及对我国的气候影响。大气环流资料为 NCEP/NCAR (美国国家环境预测中心/国家天气研究中心) 再分析资料 (从 1958 年到 1999 年)。降水和温度资料为我国大陆地区地面台站观测资料, 从 1951 年到 1999 年。为方便分析, 都统一取 1958 年到 1999 年。

1 西太平洋副热带高压的年代际变化

中国气象局定义了一系列的指标来表征西北太平洋副热带高压的特征, 包括面积指

收稿日期: 2001-07-10; 修订日期: 2001-10-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040900)和国家自然科学基金项目(40105007) [Foundation Item: National Key Project for Basic Research, No.G1998040900; National Natural Science Foundation of China, No. 40105007]

作者简介: 龚道溢 (1969-), 男, 湖南石门人, 博士, 副教授。E-mail: gdy@pku.edu.cn

0185-0193 页

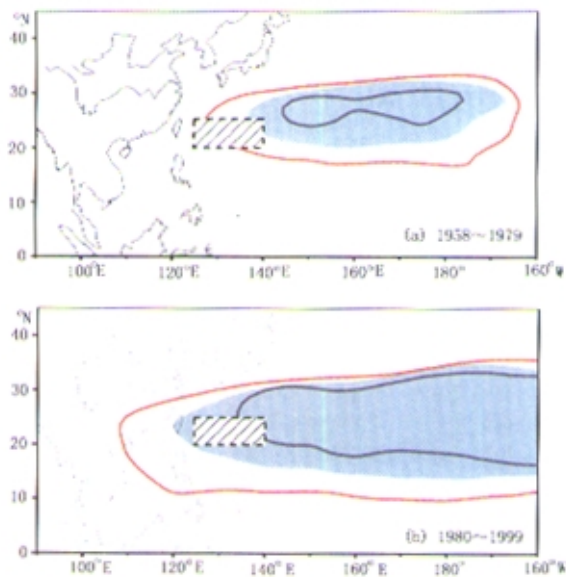


图1 西北太平洋夏季 5870 gpm 等值线位置。(a) 1958~1979 年, (b) 1980~1999 年, 浅绿色阴影区为平均值超过 5870 gpm 的范围区, 红色线为最强 5 年平均位置, 蓝色线为最弱的 5 年的平均位置, 方框阴影区为关键区。

Fig.1 Contour lines of 5870 gpm in summer for (a) 1958-1979 and (b) 1980-1999. Shown in light green are the regions with means above 5870 gpm. Red lines show the average locations for the strongest 5 years, blue lines for the weakest 5 years. Gray squares show the key region used to define the Western Pacific Subtropical High index.

包括这 2 个时段里各自的 5870 m 线的平均值位置, 最强的 5 年和最弱的 5 年里的平均位置。前一时段中最强的 5 年是 1965, 1969, 1973, 1977 和 1979, 最弱的 5 年是 1961, 1963, 1964, 1972 和 1974 年。后一时段最强的 5 年是 1980, 1983, 1987, 1995 和 1998 年; 最弱的 5 年是 1981, 1984, 1985, 1986 和 1997 年(图 3)。很显然, 前一个时段副高整体明显偏弱, 位置偏东, 5870 m 线在台湾以东, 而后一时段西太平洋副高明显偏强, 面积扩大, 向赤道和向西伸展尤其突出, 不管是平均还是极端情况都是如此。总体看来变化最明显是体现在我国华南、南海到菲律宾等地区, 1980 年代以来

数, 强度指数, 脊线位置, 西界位置和北界位置等, 这些指标每月在“气象”杂志上及时更新和公布, 也得到了广泛的应用。不过后来一些研究表明计算这些指标使用的 500 hPa 高度资料从 1950 年代的高空天气图到后来逐渐过渡到使用模式输出资料, 前后有多次的更替, 由于资料的系统误差从而导致这些副高特征量的不连续^[2]。直接使用这些不连续的资料来研究年代际变化是不妥当的, 因此本文考虑利用连续性好的再分析资料^[3]。

通常观察和度量西太平洋副热带高压都是以 5880 位势米为标准, 不过考虑到再分析资料的高度场系统性地偏低, 因此, 本文标准也相应降低为 5870 m 为标准。5870 m 等值线的范围可以直观地反映出副高的强弱和位置。我们绘制了自 1958 年以来的每一年夏季 5870 m 等值线, 结果发现 5870 m 等值线有明显的年代际尺度的变化, 转换时间在 1979/1980 年左右。图 1(a) 和 (b) 中分别给出了 1958~1979 年和 1980~1999 年 2 个时段的情况,

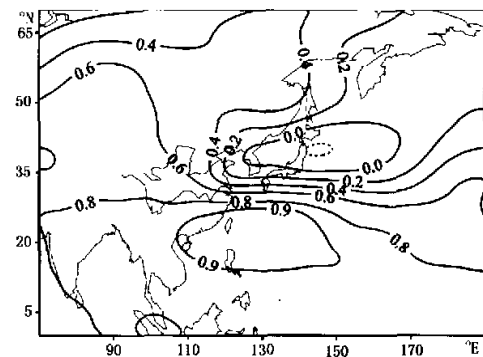


图2 关键区与周围地区 500 hPa 高度的相关系数分布
Fig. 2 Correlation between the Western Pacific Subtropical High index and 500 hPa heights

表 1 副高指数、降水、温度和台风相对频率在 2 个时期平均值差异的 t 检验,
* 表示达 95 % 信度水平

Tab. 1 The t test for the Western Pacific Subtropical High index, rainfall along the Yangtze River valley, temperature in southern China, and the typhoon frequency. * significant at 95% confidence level.

	1958~1979	1980~1999	t -检验值
副高指数	-4.9 gpm	8.9 gpm	5.4*
长江中下游夏季降水	-27.3 mm	63.9 mm	3.3*
华南夏季气温	-0.15°C	0.22°C	4.6*
西北太平洋台风相对频率	66.3%	55.3%	-2.5*

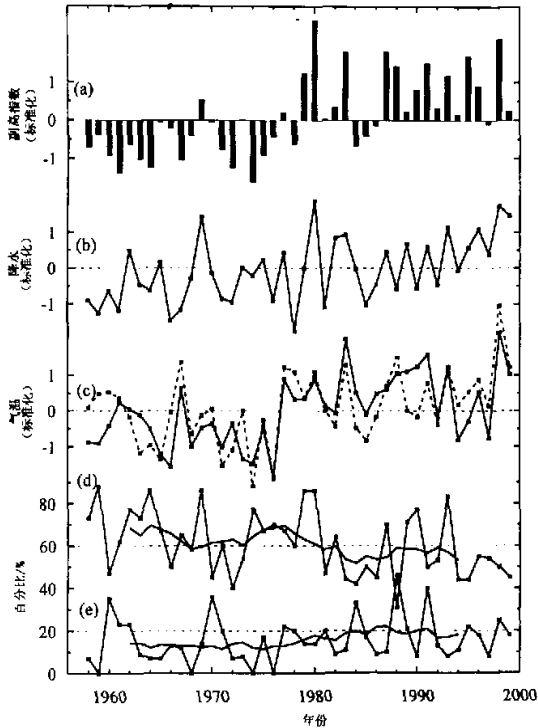


图 3 副高及几种要素的变化序列。(a) 副高指数, (b) 长江中下游夏季降水, (c) 华南夏季气温, 虚线为 20°~25°N, 105°~120°E 范围内再分析资料 9 个格点平均的近地面气温, (d) 和 (e) 分别为 125°E~160°E, 20°N 以南和 125°E~160°E, 20°N 以北两个区每年夏季发生的台风频率占整个西太平洋台风频率的百分比, 其中粗实线为 9 年滑动平均值。(a)~(c) 已标准化

Fig. 3 Time series of several parameters. (a) Western Pacific Subtropical High index, (b) Regional mean summer rainfall averaged for 32 stations. (c) Regional mean summer temperature averaged for 17 stations, dashed line shows the mean temperature averaged over 20°~25°N, 105°~120°E based on 9 grids of reanalysis data. (d) shows the ratio of typhoon numbers in domain of 125°E~160°E, south of 20°N to the total numbers of entire northwestern Pacific in summer, (e) as the same of (d) but for the domain of 125°E~160°E, north of 20°N. Bold lines are the results from 9-year moving average. To facilitate comparison time series of a, b and c are normalized.

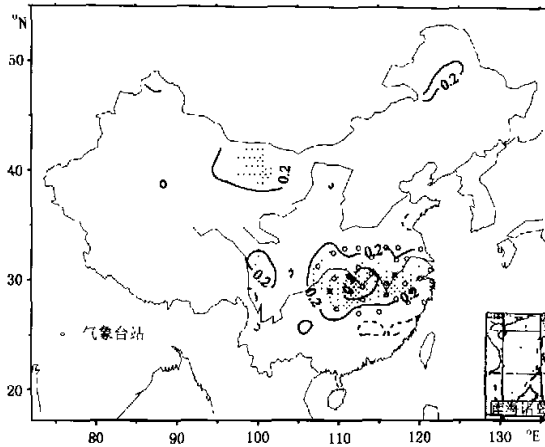


图 4 副高指数与我国东部地区夏季降水的相关系数 (0 等值没有标出, 阴影区为达到 95% 信度水平区)

Fig. 4 Correlation between the Western Pacific Subtropical High index and the summer rainfall (zero contours omitted, regions above 95 % confidence level shaded)

这个关键区的平均高度来代表西太平洋副热带高压指数。图 3a 给出了副高指数的时间序列, 除了强烈的年际波动外 (原序列标准差为 10.8 m, 图 3a 是标准化序列), 最突出的特点是年代际尺度的突变, 时间在 1979 年到 1980 年左右, 统计分析表明, 之前的 22 年和之后的 20 年两个时段的副高指数的平均值的差异是显著的 (t 检验值为 5.4, 大大超过了 99 % 的信度水平, 见表 1), 这与图 1 显示的特征也是一致的。

2 对降水的影响

图 4 是副高指数与 160 个台站夏季降水的相关系数分布, 显然, 受副高影响最显著的是长江中下游地区, 副高指数强时, 长江中下游地区夏季降水偏多。图 4 也说明长江中下游地区降水与副高的关系有比较高的一致性, 当然每个站的降水还肯定受到许多局地环境因素的影响, 区域平均处理后则这些局地因素的影响会大大削弱。用 105°E 以东, 27~33°N 范围内 32 个站 (图 4) 的平均降水可以大体反映长江中下游地区的整体状况。结果表明, 平均降水与副高指数的相关系数达到了 0.50, 这个相关系数比用单站反映的关系要强, 超过 99 % 信度水平, 可见副高对整个长江中下游地区夏季降水的变化是至关重要的。

不过上述区域平均降水与副高的相关以及图 4 中的单站相关都是用整个序列计算的, 这既包含了年际变化的成分也包含了年代际的贡献。实际上长江中下游地区夏季降水的低频变化也是很突出的, 很多研究都曾注意到这一点^[9]。比较降水与副高的低频部分的变化特点就会很清楚发现二者也有很好的一致性。见图 3b, 长江中下游地区从 1980 年代以来夏季降水持续偏多, 而比多年平均值偏多 63.9 mm, 即 13.3 %, 而前一时期的比正常状况偏少 27.3 mm, 相当于 -5.7 %。统计检验表明这种差异是显著的, 也达到了 99 % 的信度水平 (表 1)。

以往的研究表明, 当以关键区附近为中心的西太平洋地区对流层中下层高度场增加

500 hPa 高度场的明显增加。

为了定量描述副高的这种显著变化, 选择关键区 (125°E~140°E, 20°N~25°N) 计算其平均 500 hPa 高度。因为这个地区正好是副高气候平均状态的西边界位置, 对副高的强度, 位置等变化比较敏感, 这从图 1 中也可以清楚看到。这个关键区与周围其他地区 500 hPa 高度相关系数的分布显示在整个西太平洋都是很高的正相关, 达到 0.9 以上的高相关中心区包括了华南、南海以及菲律宾以东的地区, 显然这很清楚地体现出了副高强度和西伸的变化特点。因此, 关键区高度的变化能很好表征西北太平洋副高的异常。文献 [5] 也曾利用 10~25°N, 90~130°N 范围内 12 个格点的 500 hPa 高度来反映副高活动。下面分析就用

时, 在距平场上表现为反气旋环流型, 同时在日本及朝鲜半岛等附近地区出现异常的气旋环流型, 这种环流形式的配置容易造成长江流域气流和水汽的辐合而造成异常偏多的降水^[1,6,7]。从图 1 中可以发现从 1980 年代以来整个西太平洋到南海地区都是 5870 m 线控制范围, 副高明显增强, 这些地区的高度增加必然导致高度场的正异常, 因此形成近 20 多年来的持续的异常反气旋环流型式, 从而造成长江流域的持续多雨。

3 对温度的影响

相对于降水, 副高对温度的影响人们关注较少。但是夏季持续的异常高温对农业的影响也是很大的, 通常这也是加重干旱的一个重要因素。计算各个台站与副高指数的相关系数, 结果表明从长江中下游到黄河和淮河地区, 都是负的相关, 说明副高强时这些地区的夏季温度偏低, 可能主要是由于降水增加造成的。不过这些地区与副高的负相关在统计上并没有达到显著的水平。与此相反, 在华南地区, 夏季气温则与副高的变化有明显的正相关关系。最显著的正相关出现在 25°N 以南的华南地区, 相关系数多在 0.4 以上。取 100°E 以东和 25°N 以南的 17 个站平均, 则平均夏季气温与副高指数相关系数达 0.60, 也超过了 99% 的信度水平。而且比较温度与副高的时间序列就会发现, 这种高相关中低频变化部分的贡献很大。

从图 3c 中可以看到, 温度的年代际变化非常明显, 1970 年代后期突然升高, 异常高温的情况一直持续至今, 平均温度比多年平均高出 0.22°C, 相对于变暖以前的时期(平均距平 -0.15), 上升了 0.37°C。华南温度的变化与副高的变化特征非常吻合。从图 1 和图 2 可以发现, 副高最近 20 多年来持续偏强, 范围向西南方扩展, 其显著影响和直接控制在华南地区必然相应增强。尤其是副高的西伸, 使得华南地区上空的下沉气流加强, 对流层中下层气流是辐散的, 多为晴空, 降水减少(图 4), 因此温度偏高。

当然, 观测的温度变化(尤其是大城市的温度)容易受热岛效应的影响。从 1980 年代以来, 我国城市发展迅速, 华南地区的夏季气温在 1980 年代开始的突然上升反映的是不是热岛效应呢? 这里用再分析资料做了一下对比。最近 Kistler 等比较了上海站的气温与相距最近的一个再分析资料格点的气温(这个格点位置稍稍偏东, 位于海上), 发现两种资料的温度变化有很高的一致性, 在 1980 年以前, 几乎一致, 但是在 1980 年以后由于热岛效应的影响, 上海站的年平均气温比再分析资料的气温系统性偏高 0.5°C 左右, 因此, 可以用再分析资料来检测热岛效应的影响。再分析地表气温资料在 105°~120°E, 20°~25°N 范围有 9 个格点, 也没有一个位于大城市。其夏季平均值的变化见图 3c 中的虚线。可见, 二者变化也有很高的一致性, 不仅是年际变化相似, 而且 1980 左右的突然升温也是一致的, 温室效应的信号在区域平均的夏季气温序列中并不明显。因此, 华南地区夏季气温的突然变化, 很可能主要还是受副高的显著加强和西伸所致。

4 对热带气旋的影响

西太平洋的台风也是影响我国夏季气候的一个重要因素。Gray 曾指出有利于台风发生的主要 6 个方面的因子, 包括高的海表温度, 较强的科里奥利力, 对流层低层较强的相对涡度, 弱的垂直风切变, 层结的条件性不稳定, 以及充足的水汽^[8]。其中海表温度的长期变化对台风频率的影响尤其得到关注^[9], 但是, 很多研究也指出大气环流对台风长期变化的影响也是不容忽视的。文献[10]指出台风活动与副热带高压, 西风环流等有很好的关系。通常副高强时, 台风活动偏少。Yumoto 和 Matsuura 最近研究了热带气旋频率的年代际变化, 指出台风多的时期和少的时期, 不仅太平洋海表温度有显著差别

(频次高的年代比频次低的年代平均海温高出约 0.2°C 以上), 而且大尺度的大气环流包括 850 hPa 的相对涡度、200 hPa 散度等要素也都表现出显著变化^[11]。

多年统计表明较强的台风大多发源于 125°E 以东的洋面 (陈敏等, 1999)^[12]。 125°E 以东地区生成的台风占每年夏季在西北太平洋发生总数的 78% 左右。不过, 无论是整个西北太平洋总的台风数还是 125°E 以东洋面生成的台风数, 其变化多表现出 10~13 年左右的波动, 而且在 1970 年代后期到 1980 年代初也没有表现出与副高一致的年代际变化特征。这可能说明, 台风生成的总数主要还是受其他因素如海温的影响, 大气环流只是起到次要的作用。

但是, 进一步的分析结果表明副高的年代际变化对台风的相对频率, 即各地区所发生的台风次数占当年总数的比例是有显著的影响的。这里利用的是日本气象厅的历年热带气旋数据^[13]。因为 125°E ~ 160°E , 20°N 以南海域是夏季台风生成的高值区, 生成的台风个数平均为 7 个, 占整个西太平洋夏季生成总数 (12 个) 的 62% 左右。而且从西太平洋 500 hPa 高度的变化特征上, 这个区与相邻的中纬度是反向的关系, 即低纬度高度增加时, 中纬度下降, 反之亦然, 从图 2 中也能看到这一特点。所以, 为了与 500 hPa 高度场的这种变化特征相对应, 就分开统计 20°N 以南和以北的台风数占当年整个西太平洋台风总数的百分比 (图 3d, 图 3e)。很明显, 从 70 年代后期以来, 低纬度洋面生成的台风比例明显减少, 与上面降水和气温的分析类似, 也统计 1958~1979 和 1980~1999 年 2 个时段相对频率的变化, 前一段时期平均为 66.3%, 后一段时期平均为 55.3%, t 检验值为 -2.5, 达到了 95% 信度水平 (表 1)。而中纬度洋面生成的台风相对频率则从 1970 年代后期以来持续上升, 不过其 t 检验值没有达到信度水平。陈兴芳和晁淑懿^[14]曾经计算了 1951~1991 年台风生成数与 7 到 10 月北半球 500 hPa 高度场之间的相关系数, 发现西太平洋地区相关很好, 从南海到西太平洋的低纬地区是显著的负相关, 而其北为正相关, 这种环流特点也与图 2 很相似, 只不过符号相反。以上这些都说明, 副高偏强时候的环流形势不利于西太平洋低纬度地区台风的发生, 而副高偏弱时期的环流形势则有利于台风生成。

表 2 副高与不同海区温度的相关系数 (1958~1999 年, 赤道印度洋为 7.5°S ~ 7.5°N , 65°E ~ 100°E 平均.)

Tab. 2 Correlation between sea surface temperatures and 500 hPa height (20° ~ 25°N , 125° ~ 140°E), with different SST leading season (s). Data period is 1958~1999.

	海温超前副高的季节数					
	5	4	3	2	1	0
Nino1+2 海温	0.13	0.23	0.47	0.56	0.44	0.27
Nino3 海温	0.19	0.32	0.52	0.51	0.50	0.15
Nino3.4 海温	0.20	0.35	0.48	0.48	0.51	0.08
Nino4 海温	0.33	0.49	0.49	0.52	0.48	0.30
赤道印度洋海温	0.27	0.32	0.53	0.67	0.76	0.77

5 讨论

影响西太平洋副高变化的因素有很多, 即有内部的动力过程也有外界强迫作用^[2]。但是对于年代际尺度的变化, 异常的下边界强迫可能是一个最重要的原因^[15]。分析表明西太平洋地区的局地平均海表温度与副高之间的关系并不显著, 因此, 副高年代际变化的信号可能来自其它地区, 尤其是热带地区的海表温度。Angell 曾指出赤道太平洋海温偏

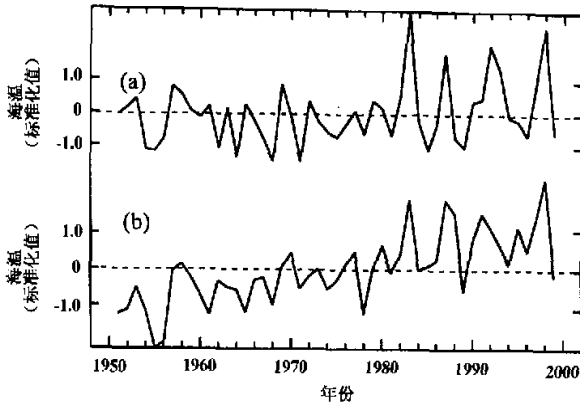


图5 (a) Nino3区春季海温, (b) 赤道印度洋 (7.5°S~7.5°N, 65°E~100°E) 夏季海温, 已标准化

Fig. 5 (a) Nino3 SST in spring, (b) Tropical Indian Ocean (7.5°S~7.5°N, 65°E~100°E) SST in summer. Both normalized

高时, 北半球副高加强而且中心轴线南移^[16], 而且海温的影响以1到2个季节的滞后最显著^[17]。不过对西太平洋副高的分析并不多。

西太平洋副高指数与赤道东太平洋海温(多个Nino区)的相关系数列于表2中, 包括海温超前5个季到同时相关关系。很明显, Nino区海温对西太平洋副高的影响以超前1到2个季最突出。其中离得较近的Nino4区海温同期相关也比较高, 可能是由于其对环流的影响不仅可以通过Hadley环流传播, 也与这一地区的太平洋—日本波列的快速传播有关^[18,19]。而且Nino区海温也有明显的年代际变化, Nino3区海表温度在1980年代以来显著偏高, t 检验值为2.24, 达到95%信度水平。

对全球热带海表温度进行分析还发现, 除了热带太平洋外, 副高指数与热带印度洋海温也有显著的相关。表2中也列出了最显著的赤道印度洋(取7.5°N~9.5°S, 65°E~100°E区域平均)与副高的相关。不过, 与Nino区不同的是印度洋海温对副高的影响以同期到超前一个季最显著, 达0.76到0.77。而且印度洋海温的年代际尺度的变化更为突出, t 检验值为5.5, 超过99%信度水平。

因此, 在西太平洋副高1970年代后期发生的年代际尺度变化的机制中, 热带太平洋和印度洋海表温度的年代际变化可能都起到了非常重要的作用。

最后需要指出的是本文使用的500 hPa高度场资料是再分析资料。Kistler等^[20]最近指出, 再分析资料随着全球观测系统的改变有两次大的误差来源, 一次是1957/1958国际地球物理年开始有较完整的高空探测资料, 1958年以后的资料整体上可靠性比以前有明显提高。另外一次是1979年开始使用卫星观测资料。不过, 分析表明, 有较明显误差的是高空(200 hPa以上)的少数变量。而500 hPa等对流层低层的高度场属于A类变量, 即主要是取决于台站的观测资料, 可靠性是所有变量中最高的。因此, 再分析资料本身的系统误差并不影响本文的研究和结论。

参考文献 (References)

- [1] Lau K M, Kim K M, Yang S. Dynamical and boundary forcing characteristics of regional components of the Asian summer monsoon. *J. Climate*, 2000, 13: 2461-2482.
- [2] Liu Y M, Wu G X. Reviews on the study of the subtropical anticyclone and new insights on some fundamental prob-

- lems. *Acta Meteorologica Sinica*, 2000, **58**(4): 500-512. [刘屹岷, 吴国雄. 副高研究回顾及对几个基本问题的再认识. *气象学报*, 2000, **58**(4): 500-512.]
- [3] Gong D Y, Wang S W, Yang Y W *et al.* Analysis on the anomalous Western Pacific Subtropical High during the 1990s. *Meteorological Monthly*, 1998, **24**(8): 8-13. [龚道溢, 王绍武, 杨义文 等. 90年代副高异常的分析. *气象*, 1998, **24**(8): 8-13.]
- [4] Kalnay F, Kanamitsu M, Kristler R *et al.* The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1996, **77**: 437-471.
- [5] Zhang S Q, Lin X C. The influence of Subtropical High sustained anomaly on flood season rainfall in the middle and lower reaches of the Changjiang River. *Meteorological Monthly*, 2000, **26**(5): 27-31. [张素琴, 林学椿. 副高持续异常对长江中下游夏季降水的影响. *气象*, 2000, **26**(5): 27-31.]
- [6] Gong D Y, Wang S W, Zhu J H. Surplus summer rainfall along the middle to lower reaches of Changjiang River in the 1990s. *Acta Geographica Sinica*, 2000, **55**(5): 567-575. [龚道溢, 王绍武, 朱锦红. 1990年代长江中下游地区多雨的机制分析. *地理学报*, 2000, **55**(5): 567-575.]
- [7] Hu Z Z. Interdecadal variability of summer climate over East Asia and its association with 500 hPa height and global sea surface temperature. *J. Geophys. Res.*, 1997, **102**: 19403-19412.
- [8] Gray W M. Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, 1968, **96**: 669-700.
- [9] Yang G S, Shi Y F. Changes in the frequencies of tropical cyclones and their relationships to sea surface temperature in the northwestern Pacific. *Acta Geographica Sinica*, 1999, **54**(1): 22-29. [杨柱山, 施雅风. 西北太平洋热带气旋频数的变化及其与海表温度的相关研究. *地理学报*, 1999, **54**(1): 22-29.]
- [10] Ye Y, Dong B. Interannual change of the severe tropical cyclone activities over the Northwest Pacific. *Meteorological Monthly*, 1998, **24**(7): 29-34. [叶英, 董波. 西北太平洋强热带气旋活动的年代际变化. *气象*, 1998, **24**(7): 29-34.]
- [11] Yumoto M, Matsuura T. Interdecadal variability of tropical cyclone activity in the western north Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2001, **79**(1): 23-35.
- [12] Chen M, Zheng Y G, Tao Z Y. An analysis on tropical cyclones' climatic feature in the western north Pacific for 1949-1996. *J. Tropical Meteorology*, 1999, **15**(1): 10-16. [陈敏, 郑永光, 陶祖钰. 近50年西北太平洋热带气旋气候特征的再分析. *热带气象学报*, 1999, **15**(1): 10-16.]
- [13] Regional Specialized Meteorological Center - Tokyo Typhoon Center. Tropical cyclone tracks in the western North Pacific 1951-1990. *Japan Meteorological Agency*, 1992, Tokyo, 192.
- [14] Chen X F, Chao S Y. The jump of climate change of typhoon activities. *J. Tropical Meteorology*, 1997, **13**(2): 97-104. [陈兴芳, 晁淑懿. 台风活动的气候突变. *热带气象学报*, 1997, **13**(2): 97-104.]
- [15] Chang C P, Zhang Y S, Li T. Interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part I: Roles of the subtropical ridge. *J. Climate*, 2000, **13**: 4310-4325.
- [16] Angell J K. Comparison of variation in atmospheric quantities with sea surface temperature variations in the equatorial eastern Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**: 230-243.
- [17] Gong D Y, Wang S W. The response of global subtropical highs to the Equatorial Eastern Pacific SST Anomaly. *Acta Oceanologica Sinica*, 1998, **20**(5): 44-54. [龚道溢, 王绍武. 南北半球副热带高压对赤道东太平洋海温变化的响应. *海洋学报*, 1998, **20**(5): 44-54.]
- [18] Huang R H, Wu Y F. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, **6**: 21-33.
- [19] Nitta T. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, **65**: 373-390.
- [20] Kistler R, Kalnay E, Collins W *et al.* The NCEP-NCAR 50-year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 2001, **82**(2): 247-267.

Interdecadal Change in Western Pacific Subtropical High and Climatic Effects

GONG Dao-yi^{1,2}, HE Xue-zhao¹

(1. Laboratory for Environmental Change and Natural Disaster Research,

Institute of Resources Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

Abstract: Western North Pacific Subtropical High is a very important atmospheric circulation system influencing the summer climate over eastern China. Its interdecadal change is analyzed in this study. There is a significant decadal shift in about 1979/1980. Since 1980, the Western North Pacific Subtropical High has enlarged, intensified, and shifted southwestward. This change gives rise to an anti-cyclonic circulation anomaly over the region from the South China Sea to Western Pacific and thus causes wet anomalies over the Yangtze River valley. During the summers of 1980-1999, the precipitation is 63.9 mm above normal, while during 1958-1979 it is 27.3 mm below normal. The difference is significant at the 99% confidence level as a t -test shown. The southwestward expanding of the Western North Pacific Subtropical High also leads to a significant warming in the southern China, during the 1980-1999 the summer mean temperature is 0.37°C warmer than that of the period 1958-1979. The strong warming is primarily due to the clearer skies associated with the stronger downward air motion as the Western North Pacific Subtropical High expanding to the west. It is also found that the relative percentage of tropical cyclones in the regions south of 20°N has been decreasing since the 1980s, but that in the regions north of 20°N has been increasing during the same period. The Western North Pacific Subtropical High responds significantly to sea surface temperature of the tropical eastern Pacific with a lag of one-two seasons and simultaneously to sea surface temperature of the tropical Indian Ocean. The changes in the sea surface temperatures are mainly responsible for the interdecadal variability of the Western North Pacific Subtropical High.

Key words: Western Pacific Subtropical High; interdecadal change; climate change