

# 西太平洋副热带高压的强度和位置 与亚洲地表温度之关系\*

陈月娟 张弘 周任君 武海峰

(中国科技大学地球和空间科学系, 合肥 230026)

**摘要** 利用 NCEP/NCAR 再分析资料中的 500 hPa 高度场资料和 NCAR 地温资料, 分析了 6~8 月西太平洋副热带高压的面积指数、西伸的经度和脊线的纬度等与亚洲地表温度之关系。结果表明, 夏季西太平洋副热带高压的强度及位置, 与亚洲某些区域的地表温度有明显的关系。关系最密切的是 (100~110°E, 35~45°N) 附近, 位于我国内蒙古西南部、甘肃和宁夏自治区一带以及蒙古人民共和国的南部。另外青藏高原、南亚地区的地表温度与西太平洋副高也有较好的相关。文中对此做了详细分析和讨论。

**关键词:** 地表温度; 副热带高压; 相关分析

## 1 前言

夏季西太平洋副热带高压的强度和位置, 对我国东部和东南地区, 特别是长江中下游地区、江淮流域和华北地区夏季的降水有密切的关系。因此对西太平洋副热带高压的强度和位置的变化及其影响因子的研究, 一直受到中国学者的重视。这些影响因子不外乎热力的和动力的两类。就热力因子而言, 多项研究表明<sup>[1,2]</sup>, 非绝热加热分布不均匀, 对西太平洋副热带高压的南北位置和东西进退有重要影响。在这些研究中, 又以海温场的变化对西太平洋副高的影响研究得最多, 而关于亚洲大陆的地温分布不均匀对西太平洋副高的强度和位置的影响研究得较少。近年来, 吴国雄、刘屹岷<sup>[3,4]</sup>等从理论上就空间非均匀加热对副热带高压带形成和变异的影响进行了研究, 特别计算了陆面感热和深对流凝结加热的作用, 提出了非绝热加热的垂直非均匀分布比其水平非均匀分布对副热带高压带断裂成闭合中心的影响更大。夏季, 由于陆地表面温度高而向上的感热大, 加上地面向上的长波辐射作用, 均使下层大气受热多于上层, 使非绝热加热不仅有水平方向的分布不均, 也有明显的垂直方向分布不均。为了弄清亚洲地区地表温度的年际差异对西太平洋副高的影响, 我们通过对实测资料的分析, 先找出 1961~1997 年期间副高强度和位置的变化规律, 然后计算它们与亚洲地表温度的相关, 找出与它关系密切的区域, 再进一步分析它们之间的关系。

1999-12-14 收到, 2000-05-28 收到修改稿

\* 国家自然科学基金资助项目 49635170

## 2 资料及分析

本文使用的资料有 NCEP/NCAR 的 1961~1997 年的再分析资料中的逐月平均 500 hPa 高度场和同期的 NCAR 地表温度的格点资料,前者由南京气象学院大气资料服务中心提供,后者由中国科学院大气物理研究所气候资料库提供。考虑到格点地温资料不一定准确,我们还用测站的地温资料做了验证。测站的地温资料由兰州高原大气物理研究所汤懋苍先生提供。对于夏季西太平洋副热带高压的强度和位置,我们主要分析了 6~8 月它们的面积指数、强度指数、脊点的西伸位置和脊点的南北位置。在大气分析中,一般取 500 hPa 上的 588 位势什米等高线来分析。但实际上有些年画不出 588 线,我们改用分析 586 线。由于个别年份 586 线比较平,从西太平洋一直伸向南亚,难以分辨其脊点的位置,所以我们也分析了 587 线,以作参考。本文中西太平洋副热带高压面积指数即是在北半球  $110^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$  范围内,500 hPa 等压面高度大于或等于 586 位势什米的格点数(以下简称为副高面积指数),强度指数是上述范围内各格点高度值减去 585 位势什米后的累加值(以下简称为副高强度指数)。我们用它们来表示西太平洋副高的强弱。在确定副高脊点时,我们首先在计算机上使用 MATLAB 绘制出 1961~1997 各年 6~8 月 500 hPa 位势高度等值线,该软件可直接给出任何一条等值线在任一点的经纬度,我们读取 586 线(或 587 线)在西太平洋最西边界的经度为副高的西伸脊点,而此点所在的纬度则取为脊点的南北位置。

## 3 分析结果

### 3.1 西太平洋副热带高压 586 线面积指数的年际变化及其与亚洲地表温度的关系

根据我们对 NCEP/NCAR 再分析资料的计算,1961~1997 年平均 6 月、7 月、8 月的西太平洋副高面积指数和强度指数的年际变化及 10 年际变化都很明显。图 1 中的实线和虚线分别为各年夏季(6~8 月)平均的副高面积指数和强度指数。可以看出以下特点:(1)副高面积指数与强度指数的变化规律几乎一样。(2)从 1961 年到 1977 年西太平洋副高强度较弱,其面积指数不超过 235,强度指数在 600 以下;1977 年以后明显变强,除 1984、1985 和 1986 年外,面积指数均超过 235,最高可达 390,而强度指数在 590 到 1080 之间。

我们计算了从当年 1 月份起,各月的地表温度分别与 6、7、8 月副高面积指数的相关系数。图 2a、b 分别为 4 月和 5 月的地表温度与 6~8 月副高面积指数的相关系数分布,由图 2 可以看出,西太平洋副高强度除与海表水温有密切关系外,与亚洲地表温度也有一定的关系。在海上,北印度洋和靠近我国南海、东海和黄海海域的海温,与西太平洋副高强度有明显的正相关关系;而鄂霍次克海,太平洋上  $150^{\circ}\text{E}$  以东、 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ ,以及  $160^{\circ}\text{E}$  以东、 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$  这 3 个地区的海温,与西太平洋副高强度为明显的负相关。在陆地上,地表温度与西太平洋副高强度关系较好的区域在青藏高原的四周,特别是在  $(100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}, 35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N})$  范围内,地表温度与西太平洋副高面积指数负相关关系更好。图中  $\pm 0.325$  线以内的区域的显著性水平达到 0.05,而  $\pm 0.418$  线以

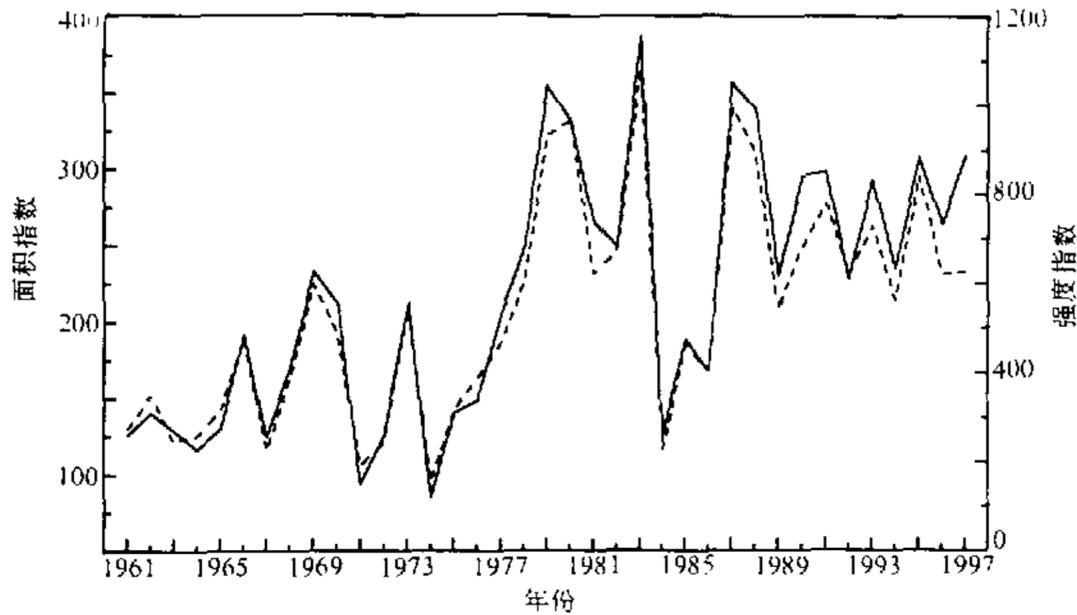


图1 1961~1997年夏季平均副高面积指数和强度指数

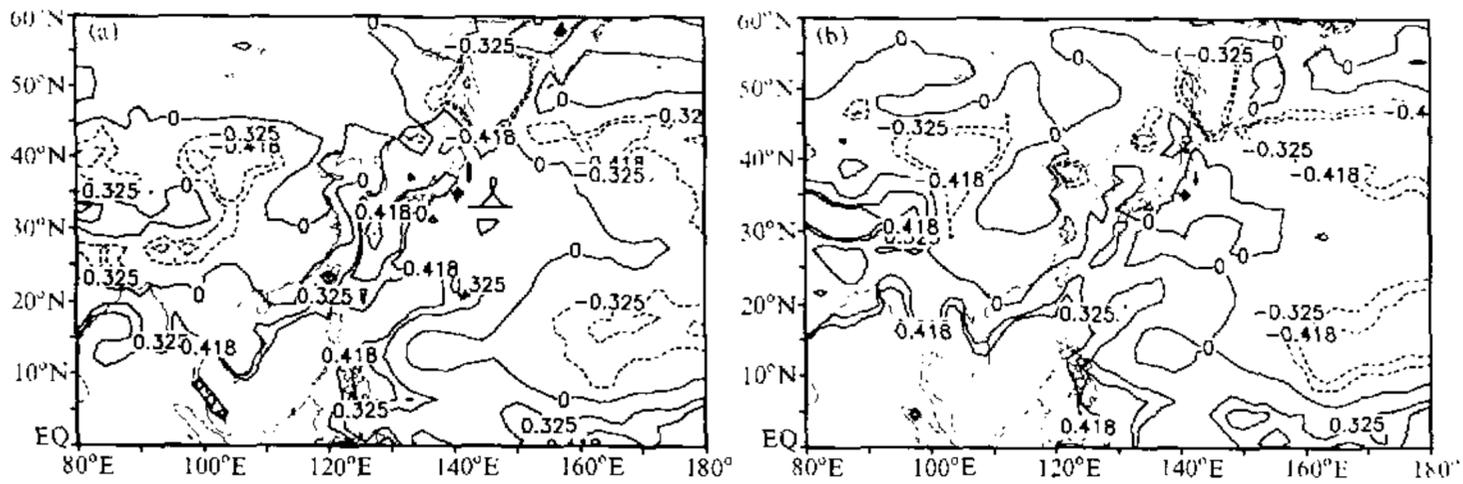


图2 4月(a)和5月(b)的地表温度与6~8月副高面积指数的相关系数分布

内区域的显著性水平达到0.01。图2只是给出4月和5月的地表温度(或海温)与西太平洋副高的相关。实际上,上述各海区和太平洋中的正负相关区从1月开始就已很明显,而且变化不大。(100~110°E, 35~45°N)范围的负相关区则是从3月开始,稍偏北一些,4、5、6月基本稳定在此范围内(图略)。另外,青藏高原上只有5月的地表温度与西太平洋副高强度关系较好(正相关,如图2b所示),其他月份关系不明显。

为了验证NCAR地温格点资料是否可用,我们又用1980~1997年的测站地表温度资料做了类似的计算和分析。为了便于比较,格点地温资料也取1980~1997年的来计算。结果表明,4月和5月的测站地表温度与6~8月副高面积指数的相关系数分布,和用格点资料的计算结果很一致。特别是在(100~115°E, 35~45°N)区域中的53区(包括内蒙古西南部、山西、宁夏)各测站,54区西部(河北)的一些测站,地表温度的变化与夏季副高面积指数基本上都是负相关。其中临河(40.46°N, 107.24°E)和张家口(40.47°N, 114.53°E)的相关系数分别达到-0.41和-0.46。这与用1961~1997年37年资料计算的结果(图2)也比较一致,只是这个负相关区比图2中的负相关区

向东扩大了一些。由上述验证结果, 我们认为 NCAR 的地温格点资料还是可信的。又考虑到各测站资料年代不同, 不便于计算和分析比较, 所以在本文后面的部分, 我们都采用 NCAR 的地温格点资料来计算和分析。

为了进一步看清 ( $100\sim 110^{\circ}\text{E}$ ,  $35\sim 45^{\circ}\text{N}$ ) 范围内地表温度的变化与副高强度的关系, 我们根据图 1 把副高强度指数大于 700 和小于 300 的年份分为两组 (前者称为强副高组, 共 8 年, 后者称为弱副高组, 共 8 年)。

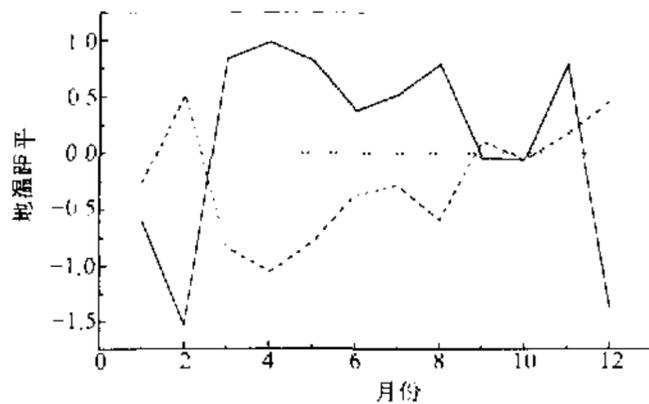


图 3 副高强的年份和副高弱的年份 ( $100\sim 110^{\circ}\text{E}$ ,  $35\sim 45^{\circ}\text{N}$ ) 区域平均地表温度的逐月变化曲线  
实线为副高弱年, 虚线为副高强年

对这两种情况年份的 ( $100\sim 110^{\circ}\text{E}$ ,  $35\sim 45^{\circ}\text{N}$ ) 的地表温度进行合成分析, 即分别将两组的各年份在所选范围内地表温度距平作平均, 得出副高强的年份和副高弱的年份的地表温度逐月的变化曲线如图 3 所示。图中虚线为副高强年的情况, 实线为副高弱年的情况。由图 3 可以看出, 在副高强的年份与副高弱的年份, 所选区域的地表温度的变化基本是相反的。强的年份, 此区域当年 3 月地表温度开始偏低, 然后持续下降, 4~5 月最低, 直到 8 月仍维持在负距

平, 而副高弱的年份则正好相反。

### 3.2 西太平洋副热带高压西伸脊点经度和纬度的年际变化及其与亚洲地表温度的关系

1961~1997 年平均 6、7、8 月西太平洋副高 586 线和 587 线的西伸脊点的经度和纬度分别列于表 1。

表 1 1961~1997 年平均西太平洋副高西伸脊点的经度和纬度表

月份	经度 ( $^{\circ}\text{E}$ )		纬度 ( $^{\circ}\text{N}$ )	
	586 线	587 线	586 线	587 线
6	112.8	121.5	21.2	20.3
7	113.8	122.3	26.3	26.3
8	113.5	126.0	26.3	30.1

由表 1 中数据可以看出, 夏季 3 个月中, 586 线的西伸脊点的平均经度变化不大, 而其平均纬度在 6~7 月之间有明显的差异 (其差将近 5 个纬距), 587 线的平均位置变化也很明显。

以下主要对副高 586 线西伸脊点的经度和纬度作进一步分析。图 4a 是各年 7 月西太平洋副高西伸脊点经度的距平。从图 4a 可以看出, 西太平洋副热带高压西伸脊点的经度各年变化明显, 而且与副高的面积指数和强度指数有较好的关系。总的来说, 在 1961~1976 年, 即副高较弱的期间, 副高西伸脊点的位置偏东, 即副高东退; 1977 年以后, 即副高较强的年份, 副高西伸脊点的位置偏西 (即副高西进)。6 月和 8 月的情况类似 (图略)。586 线的西伸脊点的经度变化在 6 月可达  $+20\sim -15$  个经度, 少数年份的 7 月达到  $-20$  个经度 (如 1979、1983 和 1988 年) 和超过  $+30$  个经度 (1972 年), 一般在  $-15\sim +15$  个经度以内, 8 月其变化幅度多数在  $-20\sim +20$  之间。图 4b 为各年 7 月

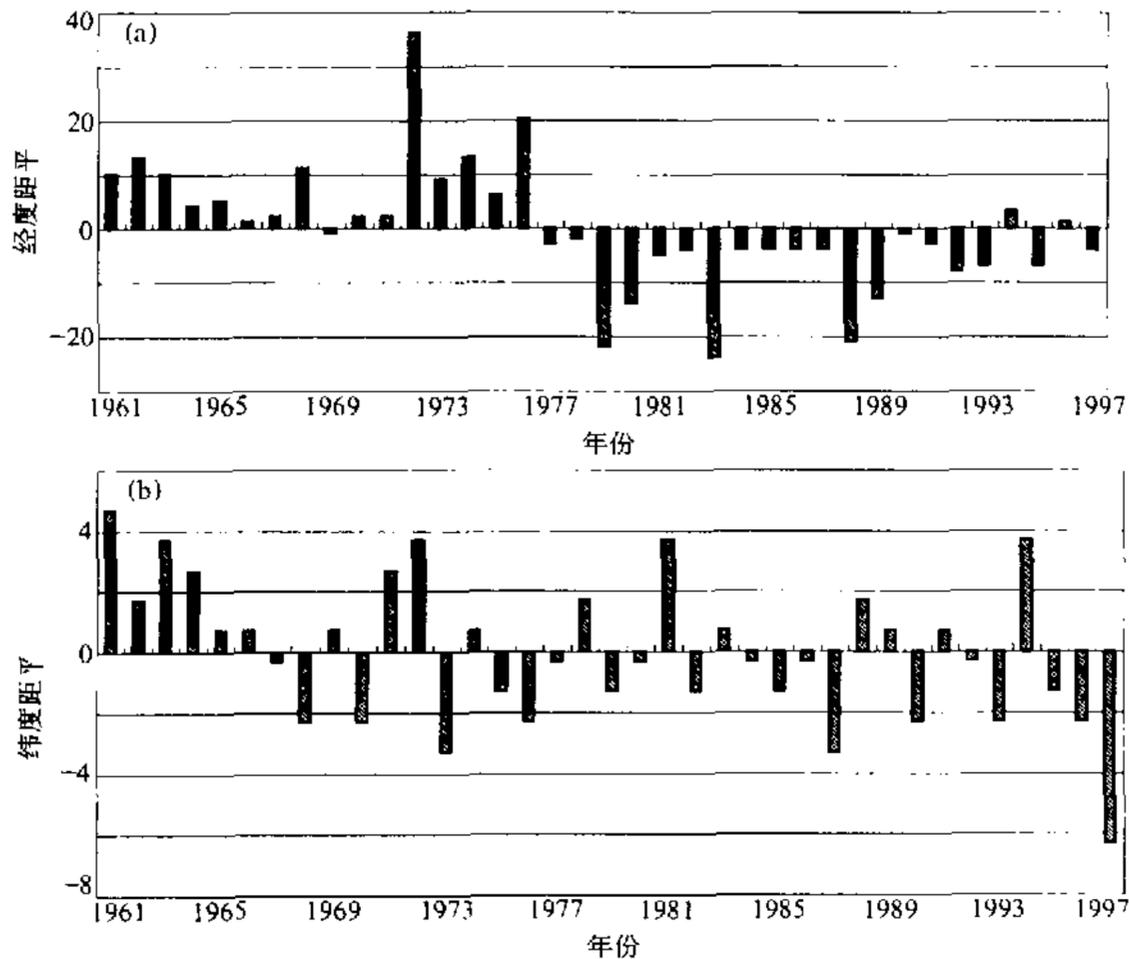


图4 各年7月西太平洋副高西伸脊点经度和纬度的距平  
(a) 经度距平; (b) 纬度距平

西太平洋副高 586 线西伸脊点的纬度的距平。从图 4b 可以看出, 西太平洋副高西伸脊点的纬度也有明显的年际变化, 但其 10 年际的变化却没有其西伸脊点经度的 10 年际变化那么明显, 其年际变化的幅度在  $-6 \sim +5$  个纬度, 6 月和 8 月变化幅度稍大一些。587 线西伸脊点的位置的年际变化和 10 年际变化与 586 线的结果相似。这里不再赘述。

同样, 我们计算了从当年 1 月份起各月的地表温度分别与 6、7、8 月份副高西伸脊点经度和纬度的相关系数, 以下分别给以介绍。

#### (1) 地表温度与副高西伸脊点经度的关系

图 5a、b、c 表示 5 月的地表温度分别与 6、7、8 月西太平洋副高西伸脊点经度的相关系数。从这几幅图可以看到一些共同的特点: ① 亚洲大陆及附近海区的地温 (或海温) 与副高西伸脊点经度明显的相关区域, 和前面讨论过的与副高强度的相关区域基本一致, 但相关系数的符号正好相反。4 月和 6 月地表温度与夏季西太平洋副高西伸脊点经度也有类似的相关关系。(图略)。② 亚洲大陆与西太平洋副高西伸脊点经度关系最明显的也是  $(100 \sim 110^{\circ}\text{E}, 35 \sim 45^{\circ}\text{N})$  区域, 比前述的与副高强度的相关区稍向北扩大了一些。③ 青藏高原地表温度, 与副高西伸脊点经度关系也只有 5 月份比较明显, 其他月份不明显。④ 南亚大陆上 (如印度西部、中印半岛) 的地表温度, 与西太平洋副高西伸脊点的经度有一定的关系, 都有比较明显的负相关。

#### (2) 地表温度与副高西伸脊点南北位置的关系

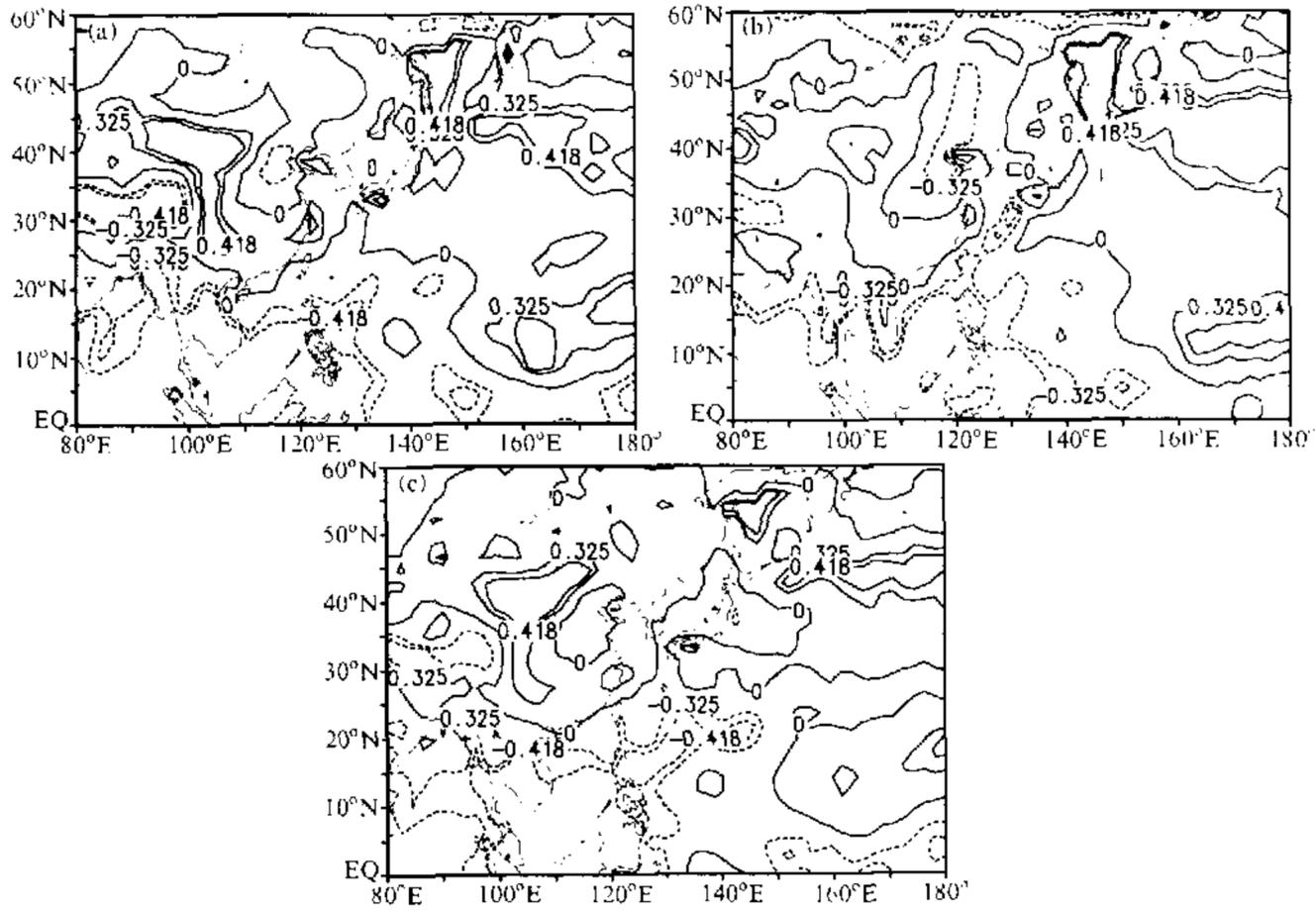


图5 5月份地表温度与夏季各月西太平洋副高西伸脊点经度的相关系数分布  
(a) 6月; (b) 7月; (c) 8月

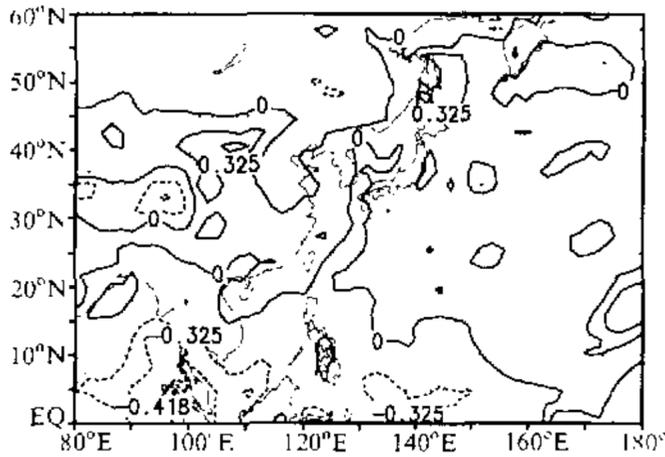


图6 5月地表温度与7月西太平洋副高西伸脊点纬度的相关系数分布

在相关分析中，我们发现副高西伸脊点南北位置（纬度）与亚洲地表温度的关系，远不如副高西伸脊点的东西位置（经度）与亚洲地表温度的关系好，只有5月和6月的地表温度，与7月副高西伸脊点南北位置相关关系稍好一些，而其他月份都不大明显。图6给出有5月的地表温度与7月副高西伸脊点纬度的相关系数分布。可以看出，相关系数较大的区域也基本上在（100~110°E，35~45°N）范围内，但显著性水平超过0.05的区域有所缩小。

对于（100~110°E，35~45°N）范围内的地表温度与西太平洋副高西伸脊点经度的关系，我们也作了合成分析，即将副高西伸脊点正距平（即位置偏东）和负距平（即位置偏西）大于10个经度的年份分成两组，分别求出在上述范围内这两组年份的平均地表温度的逐月变化，如图7a、b、c所示。可以看出，副高西伸脊点位置是偏东年还是偏西年，该区域内地表温度的变化基本相反。副高脊点西伸年，图7中的虚线2月份地表温度较高，3月份开始下降，且一直维持到8月以后。而副高脊点东退年份的情况正好相反，这一变化趋势与前面讨论的副高强度与此区域的地表温度的关系基本相同，

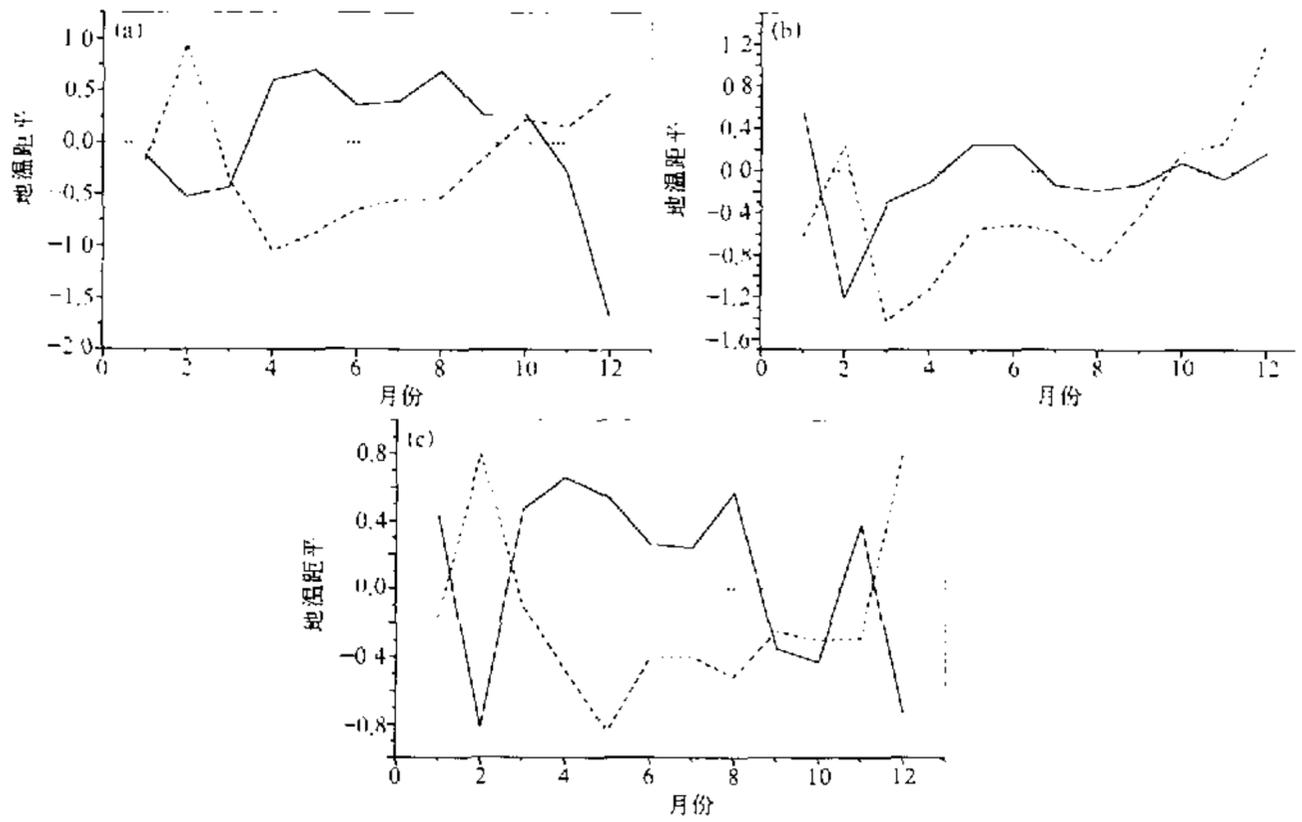


图7 副高西伸脊点位置偏东和位置偏西年份的地表温度逐月的变化曲线  
 实线为副高西伸脊点偏东年, 虚线为偏西年

副高强年的情况对应于此处的副高脊点西伸的情况。

#### 4 结论和讨论

从上述资料分析结果, 可以得到如下结论:

西太平洋副热带高压的强度和西伸脊点的位置, 除与西太平洋和亚洲附近海域的海温有密切关系外, 还与亚洲大陆上一些地区的地表温度有关系。关系最密切的是(100~110°E、35~45°N)附近, 位于我国内蒙古西南部、甘肃和宁夏一带以及蒙古人民共和国的南部。另外, 青藏高原和南亚地区(印度西部、中南半岛等地)的某些月份地表温度与西太平洋副高也有较好的相关关系。这些地区地表温度的变化发生在西太平洋副高强度和西伸位置变化之前1~3个月或更早些。至于为什么会有这样的关系, 我们认为以下的原因是重要的。

(1) (100~110°E、35~45°N) 区域属于亚洲的干旱和半干旱地区, 春末和夏季地表温度较高, 温度的变化幅度也较大。因此, 由地表温度变化引起的感热变化和长波辐射的变化也较大, 因而可以造成亚洲大陆上空与四周海上空气加热的不均匀, 进而影响到副热带高压的强度和位置。此地区地表温度与副高强度和西伸脊点经度的相关关系可以维持3~4个月不变, 与这一地区的热力状况有关。

(2) 青藏高原地表温度只有5月份与夏季6~8月西太平洋副高强度或西伸的关系较好, 而其他月份不太清楚, 也应与青藏高原表面状况有关。5月份是高原上积雪融化变化较大的时候, 所以对西太平洋副高影响比较明显。

亚洲地表温度对西太平洋副热带高压强度和位置的影响还是比较重要的, 所以我们将进一步分析亚洲地区上空的感热、向外长波辐射(OLR)和高原积雪等方面入手, 来探讨其影响的机理。

**感谢:** 中国科学院大气物理研究所气候资料库、南京气象学院大气资料服务中心和中国科学院兰州高原大气物理所汤懋苍先生给我们提供了有关的资料, 特此致以深切的感谢。

### 参 考 文 献

- 1 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物理机制, 大气科学(特刊), 1988, 107~116.
- 2 蒋全荣、郑定英、余志豪, 副热带高压季节性移动与海温场的联系, 大气科学, 1997, 21(2), 199~204.
- 3 吴国雄、刘屹岷、刘平, 空间非均匀加热对副热带高压带形成和变异的影响 I. 尺度分析, 气象学报, 1999, 57(3), 258~263.
- 4 刘屹岷、刘辉、刘平、吴国雄, 空间非均匀加热对副热带高压带形成和变异的影响 II. 陆面感热与东太平洋副高, 气象学报, 1999, 57(4), 385~396.

## Relationship between the Ground Surface Temperature in Asia and the Intensity and Location of Subtropical High in the Western Pacific

Chen Yuejuan, Zhang Hong, Zhou Renjun and Wu Haifeng

(Department of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

**Abstract** The NCEP/NCAR reanalyzed climate data and NCAR ground surface temperature (GST) data are used to analyze the area index, longitude and latitude of the subtropical high in the western Pacific in summer and their relation with the Asia GST. The results show that there is an evident relationship between the intensity and location of subtropical high in the western Pacific and Asia GST. Their correlation coefficients are greater in the region near  $35\sim 45^{\circ}\text{N}$ ,  $100\sim 110^{\circ}\text{E}$ , which is in the southwest part of the Inner Mongolia, Gansu and Ningxia Autonomous region and the southern part of Mongolia. In addition, the GST in the Qinghai-Xizhang Plateau and South Asia also has a close relation with subtropical high in the western Pacific.

**Key words:** ground surface temperature; subtropical high; correlation analysis