

副热带高压季节性移动与海温场的联系

蒋全荣

(南京大学大气科学系, 中国气象局气候研究开放实验室, 南京 210093)

郑定英

(山西省气象局, 太原 030002)

余志豪

(南京大学大气科学系, 南京 210093)

摘 要 本文通过 EOF 分解, 分析讨论了西北太平洋副热带高压季节性移动与海温场之间的联系。结果表明: 副高的两次北跳与东西进退都与海温场的扰动加热有关, 海洋的热力强迫作用是引起大气环流系统季节变化的重要原因之一。

关键词 副热带高压 海温 季节性移动

1 引言

西北太平洋副热带高压(以下简称为副高)是大气环流系统中的重要一员。它的活动对东亚大气环流, 特别是对我国夏半年雨季的开始、雨带的推移以及雨季的结束有非常重要的影响。例如, 长江中下游地区夏季 1991 年为洪涝而 1994 年为干旱, 就都是和副高的异常活动相联系的。对于副高的季节性南北移动, 黄士松等^[1]曾指出, 在对流层中层这种移动并不是匀速的, 而是由准稳定、缓变和突变 3 种不同类型组成, 最引人注目的是副高北进过程中具有两次明显的北跳现象。在东亚, 这两次北跳分别与入梅和出梅相对应。关于副高这种季节性变化的机制, 黄士松认为^[2], 它与太阳辐射加热有关, 亦与海温有关。余志豪、葛孝贞^[3, 4]的数值试验表明, 需要考虑海温, 但只有考虑了太阳辐射加热以后, 才能模拟出这种北跳现象。蒋全荣等^[5]认为, 太阳辐射 EOF 分解的第二、第四特征向量分别具有明显的纬向和经向分布不均匀性, 它们与副高的季节性移动有十分密切的关系。近年来的其他一些研究^[6~8]也都强调非绝热加热的重要性, 认为非绝热加热的纬向不均匀性是副高北跳的重要机制。本文将诊断分析副高的季节性移动, 尤其是两次北跳及东西进退与海温场的联系。

文中使用了 NCAR 的 1950~1984 年 500 hPa 月平均高度场和 COADS 中的 1950~1979 年月平均海温资料, 格距分别为 $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ 和 $4^{\circ} \times 10^{\circ}$ 。计算范围在西北太平洋海域, 即 $120^{\circ} \sim 180^{\circ} \text{E}$, $8^{\circ} \sim 55^{\circ} \text{N}$ 。

2 结果分析

首先分别对 500 hPa 高度和海温计算出各格点上的年平均值和它们相应的各月距平

值（即各月气候平均对年气候平均的距平值），然后对后者进行 EOF 分解。表 1 给出了它们的前四个特征值及其对总方差的贡献。显然，第一特征向量的贡献是主要的，是基本场；而其他向量的贡献甚小，为扰动场。分析表明，500 hPa 高度的第二和第四特征向量（海温的第四和第三特征向量）分别具有纬向型和经向型的分布结构，它们对西北太平洋副高的季节性北跳和东西进退有很重要的意义（见以下讨论）。

表 1 500 hPa 高度和海温距平场 EOF 分解的前四个特征值及其对总方差的贡献

项目	特征向量	第一特征向量	第二特征向量	第三特征向量	第四特征向量
500 hPa 高度距平	特征值	6223.7	97.6	30.7	21.1
	对总方差贡献 / %	97.6 (基本场)	1.6 (纬向扰动)	0.4	0.3 (经向扰动)
海温距平	特征值	1100.6	41.1	9.0	6.9
	对总方差贡献 / %	94.6 (基本场)	3.5	0.8 (经向扰动)	0.7 (纬向扰动)

2.1 季节缓变

图 1a 为 500 hPa 高度场的第一特征向量。可以看出，约 165°E 以西、17°N 以南的低纬海域与其他海域呈反位相结构；低纬地区的等值线密集、值较小，尤其在 15~20°N 之间；25°N 以北，场的分布相对均匀，值较大。它反映了低纬季节变化较小，中纬变化较大的事实，与方差分析的结果是完全一致的（图略）。与图 1a 相应的时间系数见图 1c 中的实线。据 EOF 分解原理，该场与系数相配合后所表明的是：500 hPa 高度场在 17°N 以北的中纬度地区，冬半年（11~4 月）为负距平；夏半年（5~10 月）为正距平；最高和最低值分别出现在 8 月和 1~2 月。在 17°N 以南的低纬地区，则反之。显然，这就是人们熟知的 500 hPa 高度场的季节变化中最基本的特征，它是大气环流系统季节性活动的反映。众所周知，副高冬季位置偏南（约在 15°N 附近），3、4 月开始缓慢北移，夏季明显北抬（8 月到达最北位置，在 28°N 附近）。在低纬地区，夏季则转受低值系统（ITCZ）控制。9 月，副高开始南撤。因此上述基本特征大致可由副高脊线的多年月平均位置来表征¹⁾，见图 1c 中的点线。

海温的第一特征向量给在图 1b 中。整个场都为正值，即全海域呈同步变化。低纬地区，尤其是西太平洋的小值区，也反映了那里的季节变化较小。图 1b 与其时间系数（图 1c 中的虚线）相配合后也给出了海温变化的最基本特征：12~5 月海温负距平，6~11 月海温正距平。最高海温出现在 8 月，最低海温出现在 2、3 月。

显然，500 hPa 高度和海温的上述基本特征是太阳辐射强度季节变化的直接结果。因此在图 1c 中还给出了西北太平洋中纬度海域（22.5~52.5°N）太阳辐射第一特征向量的时间系数（引自文献[5]）。该曲线表示了太阳辐射冬弱夏强的最基本特征，最强和最弱分别出现在 7 月和 12 月。不难看出，大气和海温的变化落后于太阳辐射约 1~2 个月。在海气之间，海温在严冬落后于大气（约 1 个月），这与东亚强盛的冬季风和冷平流有关，也是大气对海洋热力强迫作用的一个反映。另外，冬半年与夏半年之间的转换，海温也落后于大气（约 1 个月），这显然是海水具有较大的热惯性的缘故。夏季，

1) 1983 年日地关系研究讨论班材料汇集(二)，1984，“中国天气气候特征”

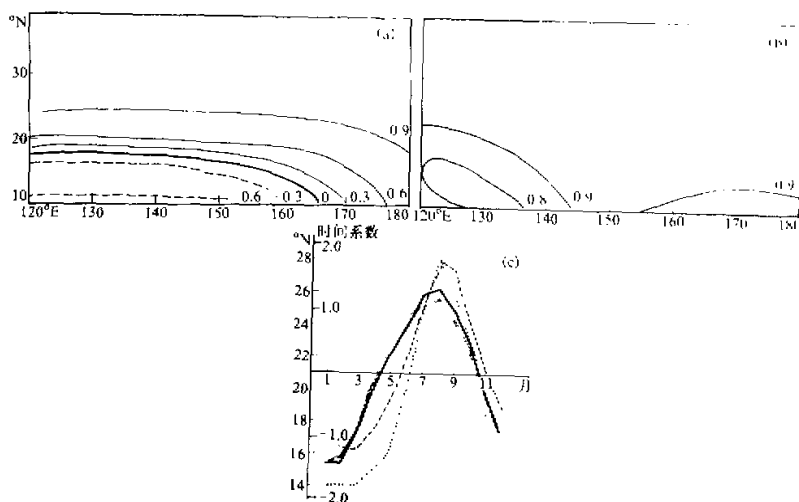


图1 (a) 500 hPa 高度距平场第一特征向量, (b) 海温距平场第一特征向量和 (c) 它们的时间系数
(c) 中实线为高度场, 虚线为海温场, 点线为副高脊线位置, 双线为太阳辐射
(为便于比较, 太阳辐射向后延了一个月)

海温和大气基本是呈同步变化的。

值得指出, 在图 1c 中海温和高度场第一特征向量的时间系数都是十分连续和光滑的, 因此它只能说明副高脊线稳定的南北移动, 或者说给出了季节缓变, 而不足以说明副高的两次北跳——季节突变。

2.2 季节突变

副高季节活动中的一个显著特征是一年中有两次北跳现象。第一次多般在 6 月中旬, 脊线北跳到 20°N 以北, 并稳定在 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 之间。到 7 月中旬, 脊线再次北跳, 越过 25°N ^[9]。

图 2a、b 为高度场的第二和海温场的第四特征向量, 它们的结构都分成了正负相间的三个纬向带状区, 均为纬向型扰动场。零线南界分别在 23°N (高度场) 和 26°N (海温) 附近, 即海域中部与其南北两侧呈反位相变化趋势。再看它们的时间系数 (图 2c, 为便于对比, 其中海温的时间向后延了 1 个月), 其中最值得注意的是高度场在夏半年具有明显的优势振荡。换言之, 高度场的这一特征向量主要反映了夏季的变化特征。另外还需注意, (1) 海温在 3~5 月 (高度场在 4~6 月) 的系数均为正且持续上升, 尤其是高度场 6 月的系数高达 2.6。(2) 海温在 6 月 (高度场在 7 月) 都出现了由正变负的明显转折, 且月际变幅大 (海温为 1.3, 高度场为 2.7)。(3) 转折后, 海温在 7 月 (高度场在 8 月), 系数先后都达到一年中的最低谷, 且月际变幅也较大。因此这一对扰动场与其相应的时间系数相配合后所产生的效果是: (1) 海温在 3~5 月 (高度场在 4~6 月), 扰动使 26°N (23°N) 以南持续升温 (升高), 使其以北的中部持续降温 (降低), 且其中以 6 月高度场的扰动最强烈, 从而使 23°N 以南的高度场有十分显著的抬升。(2) 海温在 6 月 (高度场在 7 月), 扰动位相突然反向, 使扰动升温带 (加

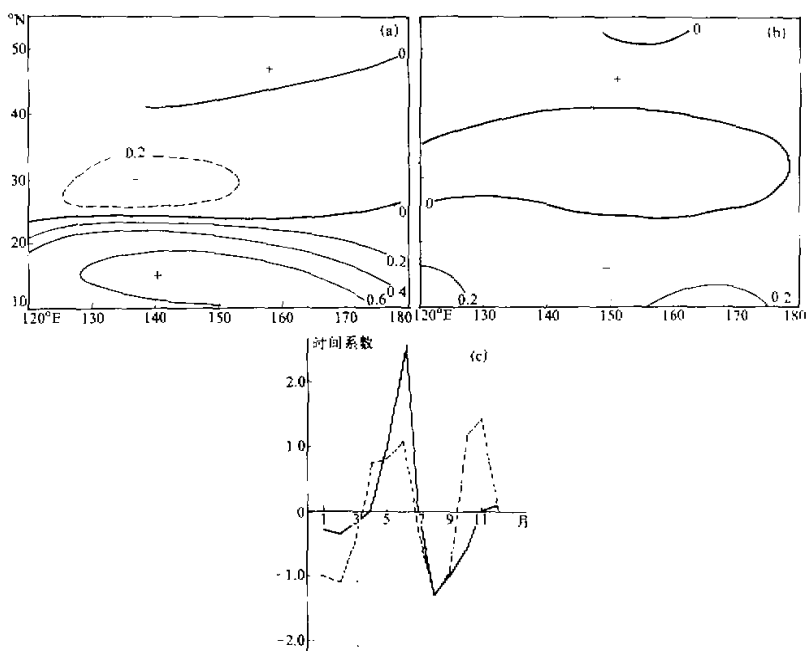


图2 (a) 500 hPa 高度距平场第二特征向量, (b) 海温距平场第四特征向量和 (c) 它们的时间系数
(c) 中实线为高度场, 虚线为海温场 (为便于比较, 海温场的时间向后延了一个月)

压带) 迅速跳向 26°N (23°N) 以北, 发生一次突变。(3) 突变后的扰动升温 (加压) 在 7 月 (8 月) 达到最强。

综上所述, 对副高的两次北跳可作如下定性的解释。与 5 月相比, 6 月基本场 (第一特征向量) 在 17°N 以南的负变高和以北的正变高明显增大, 而扰动场 (第二特征向量) 在 23°N 以南的正变高和以北的负变高也同时明显增大。两者合成的结果, 使 $17\sim 23^{\circ}\text{N}$ 为明显的高压带, 即第一次北跳。7 月, 由于扰动位相的突变, 使扰动加压带从 6 月的 23°N 以南一下跳到 $23\sim 40^{\circ}\text{N}$ 之间。同样, 它与基本场合成后, 使高压带出现在 23°N 以北, 即第二次北跳。由此看来, 正是由于扰动产生的等压面在某些纬带上的抬升, 才使副高出现了两次北跳, 使副高的南北季节性移动在某些月份呈现跳跃式。另外, 图 2c 中海温超前大气 1 个月的事实表明, 副高的两次北跳是和海温场的扰动变化紧密相连的, 它是大气对海温扰动变化的响应。

2.3 东西进退

西北太平洋副高季节性移动的另一特征是季节性东西进退。据多年资料, 副高西伸脊点 4 月最西 (108°E), 10 月次之 (114°E); 1 月最东 (128°E), 7 月次之 (123°E)。西伸脊点经度具有半年左右的变化周期。在图 3c 中给出了它多年月平均经度的位置。

图 3a~c 分别为 500 hPa 高度场第四、海温场第三特征向量及它们的时间系数。与图 2a~b 相比较, 这一对特征向量为经向型扰动场, 东、西部反位相。从时间系数的演变来看, 它们都为双峰型, 扰动周期约为半年。海温 (高度场) 的两个峰点在 6 月

(7 月) 和 11 月 (12 月)、两个谷点在 3 月 (4 月) 和 9 月 (10 月)。对比高度场的时间系数和副高的多年月平均西伸脊点位置可知, 两者的变化趋势是一致的。换句话说, 500 hPa 高度场的第四特征向量及其演变可以表示出副高季节性东西进退的基本特征。

海温和高度场这一对特征向量及其演变所产生的效果是: 海温扰动在西部增温、东部降温时, 使西部等压面抬升, 东部等压面下降, 因此副高西伸。反之, 副高则东退。在这样的演变过程中, 海温超前大气也约为 1 个月左右。

在图 3c 中还给出了太阳辐射第四特征向量的时间系数 (引自文献[5]), 该特征向量也具有经向扰动结构。经对比后不难发现, 除 7 月海温落后太阳辐射 1 个月外, 其余都是同步变化的。因此, 副高的季节性东西进退尽管与海温扰动场有十分紧密的联系, 但从根本上来说, 仍与太阳辐射的东西不均匀分布有关。

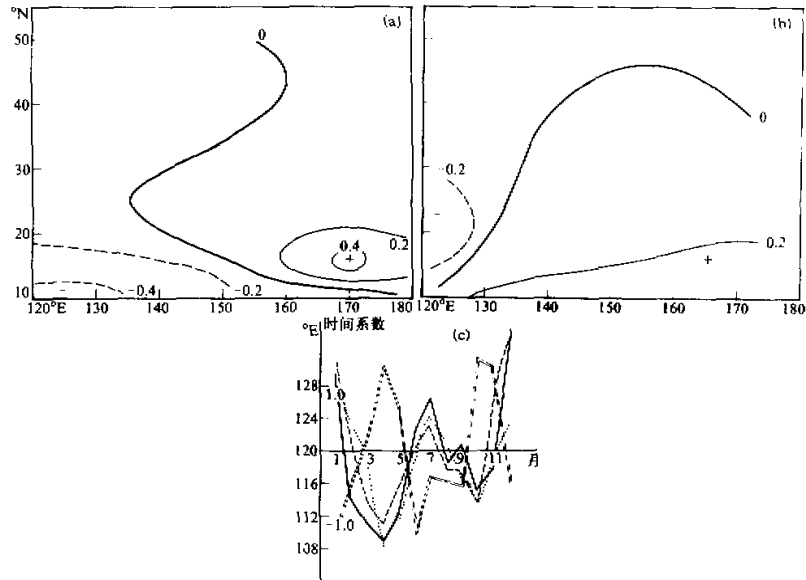


图 3 (a) 500 hPa 高度距平场第四特征向量, (b) 海温距平场第三特征向量和 (c) 它们的时间系数
(c) 中实线为高度场, 虚线为海温场, 点线为副高西伸脊点经度, 双线为太阳辐射
(为便于比较, 海温和太阳辐射的时间向后延了一个月)

3 结语

本文通过对海温和 500 hPa 高度距平场的 EOF 分解, 分析讨论了西北太平洋副热带高压季节性移动与海温之间的联系。主要结果如下:

(1) 海温和 500 hPa 高度距平场的第一特征向量是基本场, 它们的演变是近乎同步的。它只能反映出副高稳定的南北移动, 即季节缓变。

(2) 500 hPa 高度距平场的第二特征向量具有纬向不均匀分布的结构。这一纬向型扰动场 6 月在 23°N 以南地区的明显抬升以及 7 月的突变, 可定性说明副高的两次北

跳。分析表明,它和海温距平场第四特征向量的扰动加热密切相关,且海温的扰动变化超前大气约1个月左右。

(3) 500 hPa 高度距平场第四特征向量的结构呈经向不均匀分布。这一经向型扰动场的季节变化可定性地表征副高的季节性东西进退。它与海温扰动变化的东西不均匀分布(第三特征向量)相联系。海温的扰动变化也超前大气约1个月。

总之,西北太平洋副热带高压的季节性移动是和海温变化相联系的,且主要是海洋的热力强迫作用。但从根本上来说,海洋和大气的季节变化都与太阳辐射的分布不均匀有关。从本文的分析看,副高的北跳及东西进退主要是太阳→海洋→大气这样一个影响过程。有关副高移动年际变化的研究将另文进行讨论。

致谢:金仪璐女士帮助本文绘图,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 黄士松、汤明敏, 1962, 副热带高压位置一年中南北变动的一些特征及其意义, 南京大学学报(气象学), No.2, 41~56.
- 2 黄士松, 1955, 决定大气环流的基本因子, 气象学报, 26(1~2), 35~64.
- 3 余志豪、葛孝贞, 1983, 副热带高压脊线季节活动的数值试验(I), 海洋学报, 5(6), 698~708.
- 4 余志豪、葛孝贞, 1984, 副热带高压脊线季节活动的数值试验(II), 海洋学报, 6(6), 759~769.
- 5 蒋全荣、王宁帮, 1989, 太阳辐射与西北太平洋副高季节性移动关系的研究, 热带气象, 5(4), 289~294.
- 6 柳崇德、陶诗言, 1983, 副热带高压北跳与月尖(COSP)突变, 中国科学, B 辑, No.5, 470~480.
- 7 缪锦海、丁敏芳, 1985, 热力强迫下大气平衡态的突变与季节变化, 中国科学, B 辑, No.1, 87~96.
- 8 刘四臣、李维亮, 1987, 热力强迫下斜压大气的多平衡态与副热带高压, 中国科学, B 辑, No.4, 441~450.
- 9 林元勋、汤明敏、陆森娥、包澄瀚, 1988, 天气学, 南京: 南京大学出版社, 252~255.

The Relation of the Seasonal Movement of the Subtropical High over Northwestern Pacific with SST

Jiang Quanrong

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University,
Laboratory of Climate Research, Chinese Meteorological Administration, Nanjing 210093)

Zheng Dingying

(Meteorological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030002)

Yu Zhihao

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract Based on EOF, the relation of the seasonal movement of the subtropical high over the Northwestern Pacific with SST has been discussed. The results show that the two northjumps and east-west movement of the subtropical high are closely related with the perturbation of SST. The role of the oceanic thermal forcing is one of the most important reasons causing the seasonal variation of the atmosphere.

Key words subtropical high sea surface temperature seasonal movement