

OLR 揭示的北太平洋副热带高压的气候学特征*

蒋尚城 张卫东

(北京大学地球物理系)

提 要: 本文利用 NOAA 卫星观测的射出长波辐射 (OLR) 资料, 分析了北太平洋副热带高压的气候学特征, 揭示并解释了北太平洋副高的位置和强度显著东西向振荡的年循环现象, 探讨了用卫星资料研究副高的新途径。

主题词: OLR 太平洋 副热带高压

分 类: (中图法) P461 (科图法) 56.45

卫星观测的射出长波辐射 (Outgoing Longwave Radiation, 简称 OLR) 在热带海洋地区有广泛的应用^[1], 由于热带洋面上天气测站稀少, 而卫星观测具有复盖广、分布密和均匀等优点, OLR 又能很好地揭示热带地区大规模的上升 (低 OLR) 和下沉 (高 OLR) 区, 故用 OLR 去揭示热带地区的主要大气环流成员——ITCZ (热带辐合带) 和副热带高压的活动方面会有很大帮助。蒋尚城^[2]已用 OLR 研究了全球 ITCZ 的气候特征, 得到了太平洋上双 ITCZ 年循环中的东西振荡的新事实。Vernekar^[3]曾用 OLR 资料研究了北大西洋副热带高压的气候学特征, 揭示了北大西洋副热带高压年循环具有冬季位于西南, 夏季偏于东北的特征。蒋尚城等^[4]用 OLR 分析西北太平洋副高的气候学特征。发现以 OLR 的平均最大轴表征的西太平洋副高脊线位置的季节性南北变动与高度场资料的研究结果一致。并从统计上证明其南北位移与南部 ITCZ 的位移及强度均有很好的相关性。即用卫星观测资料证明了副高的南北变动与局地 Hadley 环流变化的密切联系。本文则想用最近十年卫星观测的 OLR 资料对整个北太平洋副热带高压的气候特征进行分析研究, 这将使我们对北半球最广阔的热带洋面上的大气环流的重要成员——副热带高压的气候活动规律有进一步的了解, 并探索利用卫星资料研究副高的新途径。

本文 1993 年 1 月收到, 1993 年 11 月 23 日收到修改稿。

* 美国气候分析中心 (CAC) 和兰州干旱研究所为本文提供 OLR 及高原雨量资料, 特致谢意。

1 资料及其处理

本文使用了美国国家气候分析中心(CAC)所提供的NOAA极轨卫星系列观测的1975—1985(除1978年)的十年(下同)(每日二次)OLR资料($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 网格),关于资料的详细说明见文献[5]。此外为了考察青藏高原上空夏季加热对北太平洋副热带高压的影响,又用了同期高原上82站的月降水总量(兰州干旱所提供)。对高原上无测站的地区用OLR与雨量的统计公式^[6]估算出该地区的雨量,然后求出经加入卫星资料后的高原月平均雨量作为高原上对流凝结热的度量。

2 北太平洋副高的气候学特征

2.1 描述副高特征的卫星参数的选取

为了分析副高的气候学特征,必须先确定描述副高中心位置、范围及强度的参数,首先我们考虑能否仿照高度场的办法以OLR场去定义副高的范围、强度及中心。根据朱元竟等^[7]的分析结果,西太平洋副高只是脊线与最大OLR轴有良好关系。两者的外围特征线(OLR取 $250\text{W}/\text{m}^2$,高度场取588位势什米)关系并不确定。由于洋面上测站稀少,由高度场所定的副高中心位置和强度是很不可靠的,卫星资料虽然弥补了这一缺陷,但由于OLR的高值除了反映强的下沉运动以外,还与海洋表面温度有关,故以OLR表示副高的中心并不恰当。事实上副高除了是副热带地区大规模的下沉区以外,还具有稳定少动(特别是中心部分)的特性。因而OLR对月平均OLR值的标准差 σ 比较小,也就是洋面上的副高具有高OLR和低 σ 的特征,所以用OLR和 σ 的组合的新参数显然比单用OLR或 σ 的参数更能反映副高的特性。取 $K = \frac{\sigma}{\text{OLR}}$ 这一参数可综合表示副高稳定下沉的特点。K值越小表示副高越强。而热带海洋表面的温度,由于时空变化较小,实际上对K值的影响不大。故我们对K值作如下规定以描述副高的位置和强度:

- (1) 以 $K = 75 \times 10^{-3}$ 的特征线所包围的区域为副高的范围。
- (2) 以 $K \leq 50 \times 10^{-3}$ 区域的几何中心和 $K \leq 75 \times 10^{-3}$ 区域的几何中心以2:1作加权平均求得副高中心的位置。
- (3) 以 $K \leq 75 \times 10^{-3}$ 的太平洋副高区域内所有格点($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)的K值的算术平均值表示副高的平均强度。

2.2 OLR揭示的北太平洋副高的气候平均图特征。

图1为NOAA卫星观测的十年OLR资料所计算的1、4、7、10月平均K值图,以此来分析北太平洋副高的四季特征。由图1a可以看出冬季北太平洋副高主体位于 160°W 以西的中西部太平洋上,面积和强度都比较大。脊线平均位置在 20°N 以南。到春季(图1b)西部副高位于日更线以西,面积、强度都比冬季减小,而在 160°W 以东, 20°N 以北出现了与西部副高相当的大规模持续稳定的下沉区,即春季北太平洋副高明显分为东西二部分。到夏季(图

1c) 可以看到西太平洋副高明显减弱、缩小, 在 20°N 以北只剩下几个小的 125 闭合中心。而东太平洋副高的面积和强度大大增加。到秋季 (图 1d) 东部副高减弱缩小, 西部增强, 以后又回复到冬季状态, 说明北太平洋副高的东西部有明显不同的季节循环。下面我们将进一步揭示其位置和强度的年循环特征。

2.3 OLR 揭示的北太平洋副高中心位置的年循环

根据 (2) 我们求得了十年平均的北太平洋副高中心位置的逐月变化图 (图 2a), 图 2b 和 2c 分别为其中心位置的逐月经向和纬向的变化。由图 2 可以看出从 12—2 月, 北太平洋副高有往西略偏南移的趋势。2 月以后往西偏北行。从 3 月到 5 月, 中心位置由西南向东北方向跃变, 其纬向变动达 70° 经度以上。5—10 月中心稳定少动, 基本维持在 25°N 以北, 130°W — 140°W 之间。10—12 月又急速南退西移。整个移动路线呈顺时针方向, 过渡季节有明显的跃变, 且其位置的东向西变化远大于南北向变化。与 Vernekar^[3] 所作的北大西洋副高位置的年循环图 (图 3) 十分相似, 只是北大西洋范围小, 其东西变化的范围 (40 个经度) 不如北太平洋大, 而南北变动的范围比太平洋大。

2.4 北太平洋副高平均强度的年循环

图 4 为北太平洋副高及其东西部的平均强度的年循环。强度指数 K 是根据上述的规定 (3) 计算的。由图 4a 可以看出整个北太平洋副高强度年循环曲线呈明显的双峰双谷型。即强度变化具有半年周期, 以 7 月最强 (K 值最小), 1 月次之, 4、11 月过渡季节为最弱。由图 4b 可以看出东西部太平洋副高强度变化曲线的趋势基本相似, 但仍有二点明显不同, 即 (1) 夏季太平洋副高强度东部大于西部 (实线位于虚线之下), 冬季则相反。(2) 东部太平洋副高强度夏季比冬季强, 西部则相反, 冬季比夏季强。再将图 4 的 a、b 相比较, 可以看出整个太平洋副高的强度变化, 5—10 月与东部十分相似, 11—4 月则与西部副高很接近。这与图 1 的结果一致, 即北太平洋副高的强度冬季主要决定于西部, 夏季则主要决定于东部。过渡季节, 如 4 月和 11 月则东西部与整个北太平洋副高的平均强度基本一致。

综上所述, 表明北太平洋副高的位置和强度有明显的季节性的东西振荡现象。东西部构成一对振荡的偶极子。冬季西强东弱, 夏季东强西弱。从位置变化看, 除了东西向振荡外还有南北向振荡, 但其振幅远比东西向小。另一个值得注意的事实是这里揭示的北太平洋副热带高压东西向的季节振荡与我们以前用卫星资料揭示的太平洋双 ITCZ 的东西向振荡^[2] 的位置完全相反。这反映了太平洋上的这两大热带大气环流主要系统的东西振荡原因是不同的。

3 北太平洋副高季节振荡的解释

太平洋副热带高压从气压场定义是对流层中副热带洋面上庞大的东西向高压带; 从动力学上说是一大范围持续稳定的下沉区。它是低纬度的 Hadley 环流及中纬度反环流的下沉支, 一般认为与 Hadley 环流关系更为密切。此外, 也可以和其它任何地区的大尺度环流圈有关。关于北太平洋副热带高压夏强冬弱的原因, 黄仕松^[6] 早在 70 年代就认为不能用 hadley 环流来解释。提出夏季青藏高原加热所造成的东西向热力环流可能是北太平洋副高夏季强的原因。krishnamurti^[9] 计算的夏季 200hpa 速度势场, 揭示了北太平洋上 140°W , 30°N 附近的质量辐

合中心(副高中心)主要是由青藏高原的辐散中心向东及墨西哥附近的辐散中心向西的质量在此汇合形成的。叶笃正等^[10]具体计算了7月北半球中低纬地区平均东西向的垂直环流,揭示夏季青藏高原与太平洋之间确实存在一个东西向垂直环流圈。这个环流圈在20°—30°N之间,约在140°W附近的东太平洋地区下沉最强。这个最强下沉区与本文用OLR所揭示的夏季北太平洋副高中心位置(140°W, 27°N附近,见图2)很一致,为了进一步用卫星资料证明这个下沉中心(副高中心)与青藏高原加热场的关系,我们用高原上82个观测站的实测雨量和用OLR资料估算的无测站地区的雨量资料,向得到整个青藏高原(78.75°—103.75°E, 26.25°N—38.75°N)经卫星资料补充以后的十年平均的月雨量(代表凝结加热)与相应时期平均的北太平洋副高月强度指数的变化曲线相对照(图略),可清楚地看出5月开始青藏高原的雨量急剧增加(6月降水量比5月增加近一倍),7月达最大。与此同时北太平洋副高强度也明显增大,到7月达最强。以后高原雨量(凝结热)减小,北太平洋副高也随之减弱,表明夏季北太平洋副高的形成与维持确实与青藏高原的加热所引起的东西向环流密切有关。由图2和图4可见,从

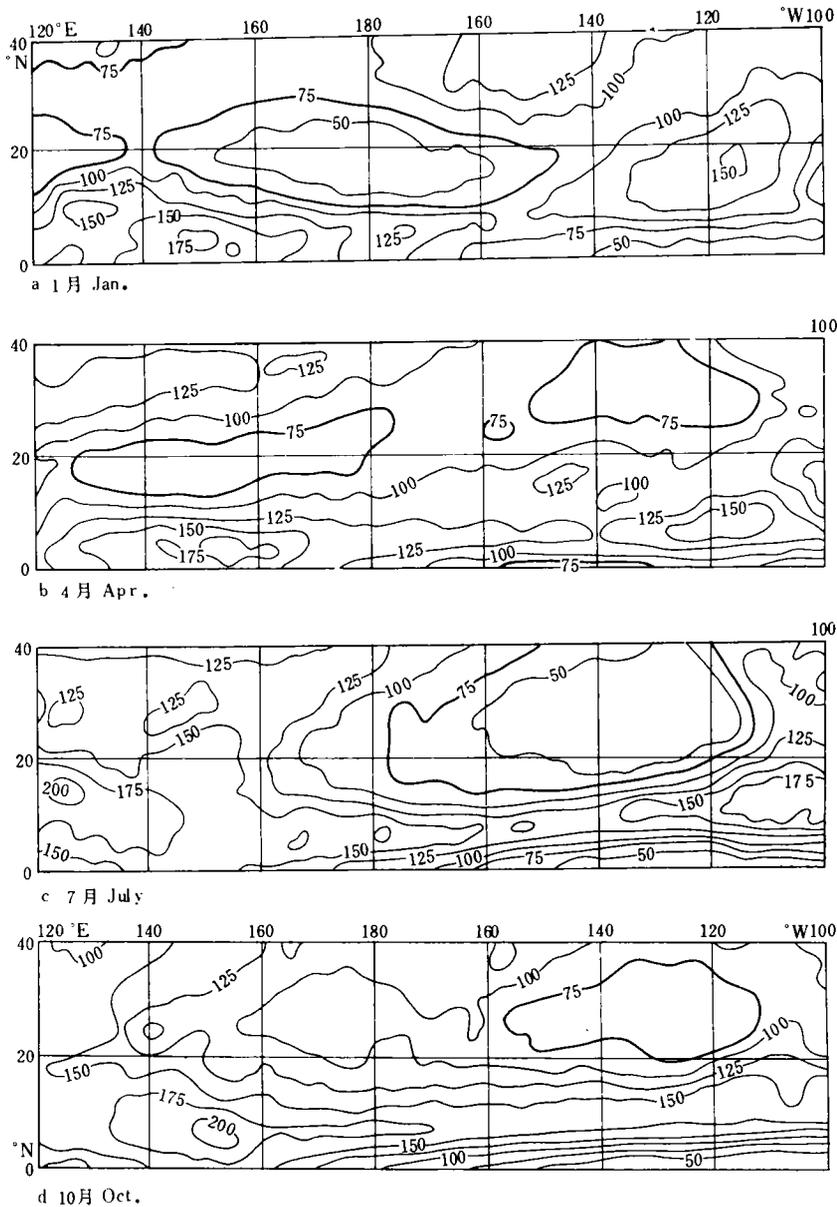


图1 十年平均(1975—1985, 除1978) K分布图
 Geographical distribution of K for 10 years
 (1975—1985, except for 1978) mean.
 a. 1月 b. 4月 c. 7月 d. 10月

洋副高月强度指数的变化曲线相对照(图略),可清楚地看出5月开始青藏高原的雨量急剧增加(6月降水量比5月增加近一倍),7月达最大。与此同时北太平洋副高强度也明显增大,到7月达最强。以后高原雨量(凝结热)减小,北太平洋副高也随之减弱,表明夏季北太平洋副高的形成与维持确实与青藏高原的加热所引起的东西向环流密切有关。由图2和图4可见,从

冬到夏北太平洋副高中心明显移向东部, 同时强度也显著增强。北太平洋副高位置和强度的这种东西向振荡现象, 主要是由于海陆热力差异及海洋的经向热力差异的季节变化共同影响的结果。冬季北太平洋副高的主体在西部, 这是由于高原由热源变为冷源, 维持夏季副高的东西向热力环流不复存在。而冬季 Hadley 环流强, 且大洋西部的 ITCZ 比东部强, 亦即西部的局地 Hadley 环流比东部强, 所以副高的主体偏于西部。夏季尽管 ITCZ 仍然在大洋西部比东部强。但总的强度弱, 高原上加热所引起的强大的东西向热力环流的影响又大大超过了经向热力环流的影响。这就解释了北太平洋副高位置强度东西振荡的气候学特征。而太平洋双 ITCZ 的东西振荡的原因比较单一, 它主要是由于洋面热状况(暖池)的东西向季节变化所造成的。

4 结论与讨论

(1) 由卫星观测的 OLR 所揭示的北太平洋副高的最显著的气候学特征是其位置及强度的东西向振荡。这主要是由于影响副高的大气环流因子的季节变化所造成的。冬季北太平洋副高主要以 Hadley 环流影响为主; 夏季则以青藏高原加热造成的东西向环流在东太平洋的下沉影响为主。有意思的是北大西洋副高也有类似的东西向振荡, 只是其东西变动的范围不如北太平洋大。但其原因可能与此类似。北大西洋副高夏季偏东可能是由于青藏高原上空质量的向

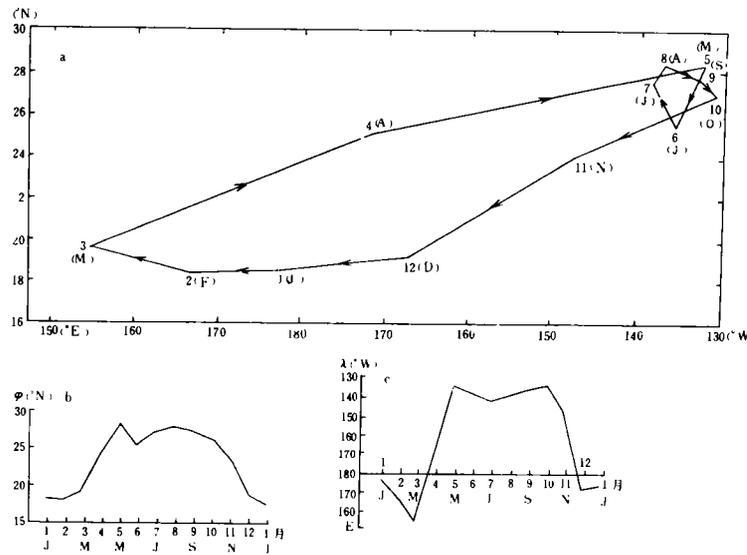


图 2 北太平洋副高位置的年循环 (1975—1985, 1978 除外)
Annual circle of the subtropical high pressure position in the North Pacific Ocean based on the OLR data (1975—1985, except for 1978)
a. 逐月位置 b. 经向变化 c. 纬向变化

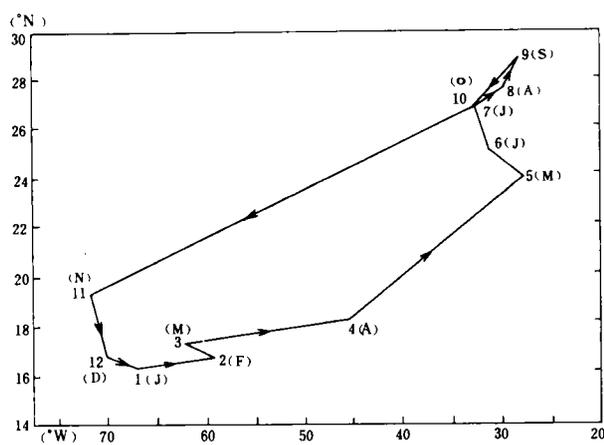


图 3 北大西洋副高位置的年循环
(1974. 6—1978. 2)

Annual circle of the subtropical high pressure position in the North Atlantic Ocean based on the OLR data (June 1974—Feb. 1978)

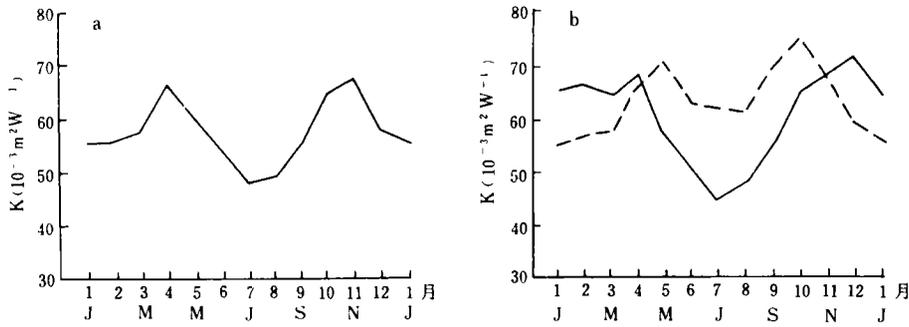


图 4 北太平洋副高强度指数的年循环
Annual circle of the intensity index of the
subtropical high pressure in the North Pacific Ocean.

- a. 整个北太平洋 (120°E—100°W), 粗实线
b. 西太平洋 (120°E—160°W), 虚线

西和墨西哥高压质量的向东流出在北大西洋的东部汇合下沉所致。

(2) 用卫星观测的 OLR 的标准差与月平均值之比可以作为描述稳定下沉的副热带高压的很好的参数, 这对于测站稀少的洋面可以大大弥补常规资料的不足。由卫星观测的北太平洋副高的年循环图可以作为北太平洋副高的重要气候图。

(3) 以 OLR 反映副高的下沉主体很好, 但在西部边缘却不能很好反映高度场。如在夏季 500hpa 高度场上虽然太平洋副高的主体是在东部, 但西太平洋副高也是增强的。而用 OLR 资料只能反映东太平洋副高主体的变化, 却不能反映副高西部边缘的高度场变化。这正说明副高西部边缘的结构与中心不同。从卫星云图上也经常可以看到这里有积云对流发生, 因而 OLR 降低, 另外这里的稳定性也比副高中心部分差得多, 因而 K 比中心部分更大。总之, 太平洋副高的西部边缘并不是一致的下沉气流, 变动也较大, 用 OLR 反映它有一定的困难, 故在用 OLR 分析副高时应特别注意。

参 考 文 献

- [1] 蒋尚城, 朱亚芬. OLR 的应用和图集. 北京大学出版社, 1990, 1~29.
- [2] 蒋尚城. 全球 ITCZ 的气候特征研究. 气象学报, 1988, 46 (2): 241—245.
- [3] Vernelcar A D. Spatial and temporal variation of large-scale subsidence and convection region derived from satellite data. Proceedings of the six annual climate diagnostics workshop, U. S. dept. of commerce, NOAA, 1981. 261—267.
- [4] 蒋尚城, 戴志远. 卫星观测的西太平洋副热带高压的气候学特征. 科学通报, 1989, 34 (19): 1492—1493.
- [5] Gruber A and Krueger A F. The status of the NOAA outgoing longwave radiation data set. Bull. Amer. Meteo. soc., 1984. 65, 958—962.
- [6] 徐国昌, 李栋梁, 蒋尚城. 卫星观测的 OLR 对夏季青藏高原月雨量及凝结潜热的估算. 高原气象, 1990, 9 (3): 256—263.

- [7] Zhu Yuanjing, ting N H and Hunt G E. Anomalies in outgoing longwave radiation and their possible relationship to precipitation in china during 1974—1984. Proceedings of Beijing international radiation symposium. Science Press Beifing China, 1987. 231—240.
- [8] 黄土松, 汤明敏. 夏季海洋上副热带高压的成长维持与青藏高压的联系. 南京大学学报(自然科学版), 1977, 77(1): 141—146.
- [9] Krishnamurti T N. Tropical East-West Circulation During the Northern Summer. J. Atmos. Sci., 1971, (28): 1342-1347.
- [10] 叶笃正, 杨广基. 北半球夏季中低纬地区的平均垂直环流与大气中冷热源分布的关系. 气象学报, 1981, 39(1): 28—35.

THE CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE SUBTROPICAL HIGH PRESSURE OVER THE NORTHERN PACIFIC REVEALED BY OLR

Jiang Shangcheng Zhang Weidong
(Geophysics Department, Peking University)

Subject terms: OLR, Pacific, subtropical high pressure

Abstract

Using the outgoing longwave radiation (OLR) data observed from the NOAA satellites, the climatic characteristics of the subtropical high over the Northern Pacific is analysed. It is found that there is an outstanding annual circle of the East-West oscillation of the position and intensity of the Northern Pacific tropical high. There interesting phenomena are explained and a new approach to the research of the subtropical high with the satellite data is explored.