

热带西太平洋暖池上空对流活动 对东亚夏季风季节内变化的影响

黄荣辉 孙凤英

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

提 要

本文通过 1978—1989 年热带西太平洋暖池上空的 OLR 资料、500 hPa 高度场和降水的逐旬资料分析了热带西太平洋暖池上空对流活动对东亚夏季风季节内变化的影响。分析结果表明: 在菲律宾周围对流活动强的夏季, 西太平洋副热带高压在初夏向北突跳明显, 即 6 月突跳明显, 并且往往有两次向北突跳, 这使得东亚夏季风降水雨带向北突跳明显, 因此, 雨带不可能在江淮流域维持; 相反, 在菲律宾周围对流活动弱的夏季, 西太平洋副热带高压在初夏向北突跳不明显, 即 6 月突跳不明显, 它长期在江南上空维持, 这样, 东亚夏季风降水雨带往往在长江中、下游和淮河流域维持。

关键词: 暖池; 对流活动; 副热带高压; 季节内变化。

一、引 言

许多观测事实表明, 东亚夏季风不仅受印度季风的影响, 而且还受到西太平洋副热带高压的影响, 在这方面陶诗言 (1987) 作了较系统的研究^[1]。由于西太平洋副热带高压的年际变化与季节内变化很大, 所以, 东亚季风的变化很复杂, 不仅年际变化大, 而且季节内变化也很大。叶笃正和陶诗言等 (1959) 详细地研究了东亚夏季风的季节内变化^[2], 在东亚环流的季节转换特征方面作出了系统研究, 指出东亚夏季风变化在 6 月上中旬存在着一次突变, 它表现在东亚上空的极锋急流突然向北跳, 这种突变是与行星尺度环流的突变相联系。之后, Krishnamuti 和 Ramanathan, McBride 也相继指出印度季风和澳大利亚季风的季节内变化也存在着突变^[3-4]。杨广基和刘家铭从降水资料分析也得出同样的结论, 即东亚夏季风降水也明显存在着这种突变^[5]。

关于亚洲夏季风形成与变化的成因, 以前主要强调青藏高原夏季的热力作用, 如叶笃正和高由禧, Nitta (1983), Luo 和 Yanai (1984) 从大量观测资料分析说明了青藏高原上空的热源与变化对亚洲夏季风的形成与变化起到很重要的作用^[6-8]。黄荣辉从动力理论和数值模拟说明了青藏高原上空的热源与异常对亚洲夏季风的维持与异常的热力作用及其所引起的夏季大气环流异常的相关^[9-11]。但是, 由于观测资料的缺乏, 高原热源的季节内变化如何影响亚洲季风的季节内变化也还不清楚。

1991 年 10 月 9 日收到, 1993 年 3 月 9 日收到修改稿。

最近几年, 关于东亚夏季风变化与异常的成因强调热带西太平洋的热力作用。黄荣辉从观测事实, 动力理论和数值模拟较系统地研究了热带西太平洋暖池的热力状况及其上空的对流活动对东亚夏季风降水和西太平洋副热带高压的年际变化起到很重要的作用^[12-15]。Nitta 从观测事实说明了热带西太平洋上空的对流活动对日本天气和西太平洋副热带高压的影响^[16-18]。这些研究都表明: 热带西太平洋暖池对东亚和北半球夏季大气环流的变化与异常有重要作用。

热带西太平洋暖池不仅对东亚夏季环流的年际变化起着十分重要的作用, 而且对东亚夏季环流的季节内变化也起到很重要的作用。本文利用实际观测资料分析了热带西太平洋暖池上空的对流活动对东亚夏季风季节内变化的作用。

二、夏季西太平洋副热带高压季节内变化特征 及其与暖池上空对流活动的关系

一般, 西太平洋副热带高压在 5 月中旬其脊线位于 18°N , 到 6 月中旬其脊线移到 20°N , 此时长江流域的梅雨开始, 而到 7 月中旬此脊线北跳到 25°N , 长江流域梅雨中断, 到 7 月下旬, 此西太平洋副热带高压的脊线北移到 35°N 以北, 夏季风降水的雨带移至华北。然而, 西太平洋副热带高压这种季节内变化在菲律宾周围上空对流活动强的夏季与弱的夏季是很不同的。为了研究在菲律宾周围对流活动强的夏季与弱的夏季西太平洋副热带高压的季节内变化, 我们对 1978—1989 年夏季逐日 500hPa 高度场进行滤波, 并作各年夏季沿 135°E 经过低通滤波的 500hPa 高度场的纬度-时间剖面图和分别就菲律宾周围 (110°E — 140°E , 10° — 20°N) 对流活动强的夏季与弱的夏季来论述西太平洋副热带高压季节内变化的异同。

1. 菲律宾周围对流活动强的夏季

在黄荣辉和孙凤英研究中已经阐明了在 1978, 1981, 1984, 1985 和 1988 年各年的夏季, 由于热带西太平洋暖池偏暖, 菲律宾周围的对流活动强^[19]。这使得西太平洋副热带高压偏北, 江淮流域的降水偏少, 而华北, 黄河流域的降水正常或偏多。

从图 1 可以看到, 在 6 月中旬以前, 西太平洋副热带高压的脊线维持在 15°N 附近; 而到 6 月第三候, 西太平洋副热带高压有一次明显北跳过程, 在 6 月 20 日左右, 北脊线已北跳到 25°N ; 在 7 月第三候左右, 西太平洋副热带高压又有一次明显的北跳过程。在 7 月 20 日左右, 它的脊线跳到 35°N 以北, 并一直维持到 8 月下旬, 使雨带在华北、黄河流域维持。

这时西太平洋副热带高压向北突跳在

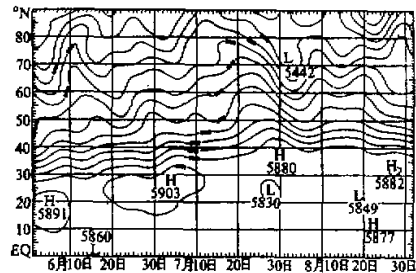


图 1 在菲律宾周围 (110°E — 140°E , 10° — 20°N) 对流强的夏季 (6—8 月) 低通滤波过的 500hPa 合成高度场沿 135°E 的纬度-时间剖面图
(单位: GPM)

某一个对流强的夏季低通滤波过的 500hPa 高度场沿 135°E 的纬度-时间剖面图可以更明显地看到。图 2 是 1985 夏季低通滤波过的 500hPa 高度场的纬度-时间剖面图, 可以看到西太平洋副热带高压在 6 月中旬与 7 月中旬各有一次北跳过程, 这两次北跳过程特别明显。同样的情况也发生在 1981、1984 和 1988 年的夏季。

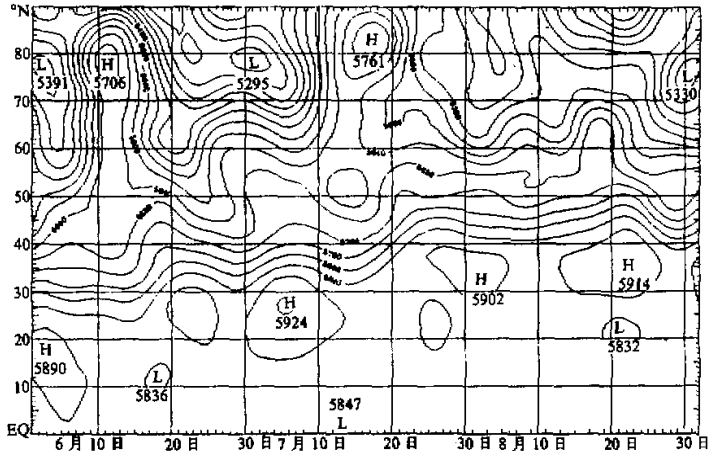


图 2 1985 年夏季低通滤波过的 500hPa 高度场沿 135°E 的纬度-时间剖面图
(单位: GPM)

从上面的分析可以看到, 在菲律宾周围上空对流活动强的夏季, 西太平洋副热带高压的位置在 6 月初或中旬向北突跳明显, 即六月突跳明显, 它的脊线由 20°N 以南北移至 25°N。并且, 在 7 月下旬, 它的位置又一次明显向北突跳, 其脊线北跳到 35°N。这种情况下, 西太平洋副热带高压季节内变化明显。

2. 菲律宾周围对流活动弱的夏季

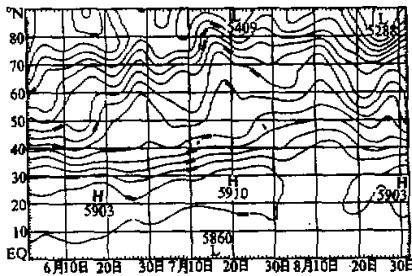


图 3 在菲律宾周围(110—140°E, 10—20°N)对流活动弱的夏季(6—8 月)低通滤波过的 500 hPa 合成高度场沿 135°E 的纬度-时间剖面图
(单位: GPM)

黄荣辉和孙凤英的研究中^[19]同样阐明了在 1980, 1982, 1983 和 1987 年各年的夏季, 菲律宾周围上空的对流活动弱, 这使得西太平洋副热带高压偏南, 江淮流域夏季风降水偏多。

与图 1 相反, 从图 3 可以看到, 在菲律宾对流弱的夏季, 西太平洋副热带高压季节内变化较小, 它的位置在 6 月初或中旬向北突跳不明显, 它的位置是徐徐向北移动。从 6 月初到下旬, 西太平洋副热带高压的脊线一直维持在 20—25°N 左右, 从 7 月初它才逐渐向北移动, 到 7 月下

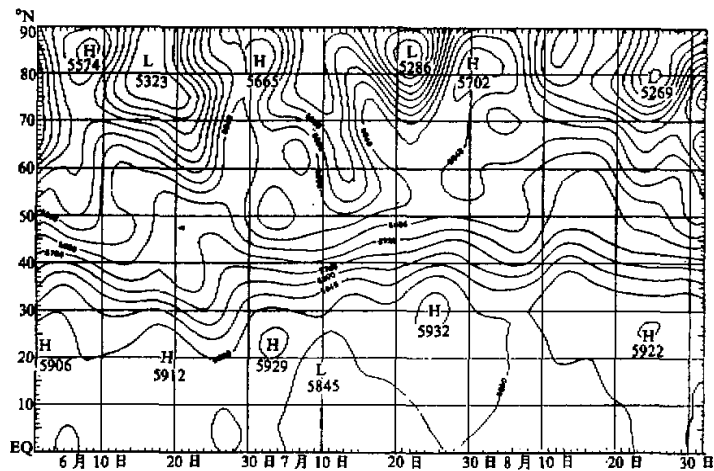


图 4 1987 年夏季低通滤波过的 500hPa 高度场沿 135°E 的纬度-时间剖面图
(单位: GPM)

旬, 副热带高压的脊线移到了 28°N 附近。因此, 在这种菲律宾周围对流活动弱的夏季, 夏季风雨带将较长期在长江中、下游和淮河流域维持。

同样, 从某一年菲律宾周围对流活动弱的夏季低通滤波过的 500hPa 高度场的时间演变可以更明显地看到西太平洋副热带高压季节内变化较小, 向北突跳不明显的现象。从图 4 可以看到: 在这年夏季, 从 6 月初到 6 月下旬, 西太平洋副热带高压的脊线一直维持在 20—25°N 左右, 从 7 月初它才缓慢向北移动, 到了 7 月下旬, 副热带高压的脊线才北移到 30°N 附近。同样的情况也发生在 1980、1982 和 1983 年。

从上面分析可以看到, 在菲律宾周围对流活动弱的夏季, 西太平洋副热带高压的季节内变化较小, 它的位置在 6 月初或中旬向北突跳不明显, 它呈缓慢向北移动。

三、我国夏季降水的季节内变化及其 与暖池上空对流活动的关系

与西太平洋副热带高压季节内变化相联系, 我国东部夏季降水季节内变化与暖池上空的对流活动关系密切。为了研究我国夏季降水的季节内变化, 我们分别作菲律宾周围对流活动强的夏季与弱的夏季沿 110—120°E 平均 10 天降水量的纬度-时间剖面图。

1. 菲律宾周围对流活动强的夏季

如前节所述, 在 1978, 1981, 1984, 1985 和 1988 年各年的夏季, 热带西太平洋暖池上空的对流活动强, 我国江淮流域降水偏少。图 5 是上述这些菲律宾周围对流活动强的年份 2—10 月, 110—120°E 平均旬降水量的纬度-时间剖面图。可以看到, 在 5 月

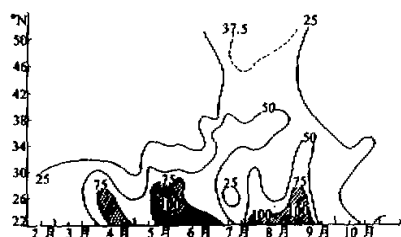


图 5 菲律宾周围对流活动强的年份 2—10 月, 沿 110—120°E 平均旬降水量的纬度-时间剖面图
(单位: mm)

年各年夏季沿 110—120°E 平均旬降水量随时间的演变同样可以看到在菲律宾周围对流活动强的夏季, 季风降水的季节内振荡明显, 雨带在 6 月下旬向北突跳明显的现象。

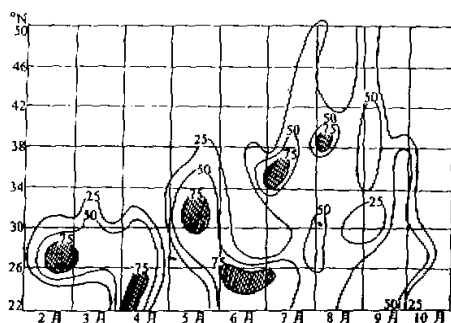


图 6 1985 年 2—10 月, 沿 110—120°E 平均旬降水量的纬度-时间剖面图
(单位: mm)

雨带在 6 月下旬明显存在着一次向北突跳, 使雨带移至黄淮流域。

2. 菲律宾周围对流活动弱的夏季

和菲律宾周围对流活动强的夏季相反, 在 1980, 1982, 1983 和 1987 年各年的夏季, 菲律宾周围对流活动弱, 我国江淮流域降水偏多, 在这些年夏季, 我国东部的雨带的季节内变化特征与对流活动强的情况相反, 雨带北跳不明显。

从图 7 可以看到, 自 5 月份起, 雨带位于江南地区, 沿 110—120°E 平均旬降水量可达到 75mm 以上; 而到 6 月上、中旬, 雨带从江南地区北移到江淮流域, 此雨带在江淮地区一直维持到 7 月下旬, 从 8 月上旬, 雨带北移至黄河流域。

从 1980, 1982, 1983 和 1987 年各年夏季 110—120°E 平均旬降水量随时间的演变也同样可以看到在菲律宾对流活动弱的夏季, 季风降水的季节内振荡不明显, 雨带在江淮流域维持的现象。

份, 雨带位于江南地区, 沿 110—120°E 平均旬降水量可达到 75mm 以上; 而到 6 月下旬, 江淮流域应是梅雨季节, 但由于西太平洋副热带高压北跳至江淮流域, 使得雨带北移到黄淮流域, 随后移到华北地区, 因而使得在 6, 7 月份江淮流域发生空梅或者梅雨很弱; 从 7 月下旬到 8 月份, 在副热带高压的南边也形成一雨带, 这就形成了双雨带的形势; 到了 9 月初, 雨带迅速南撤到江南地区。

从 1978, 1981, 1984, 1985 和 1988

从图 6 可以看到, 这一年夏季季风降水的季节内振荡明显。5 月份, 雨带从江南突然北跳到江淮流域, 旬降水量可达到 75mm; 而到 6 月下旬, 由于西太平洋副热带高压北跳到江淮流域, 所以雨带向北移到黄淮流域, 这使得江淮流域发生空梅; 到了 7 月下旬, 位于黄淮流域的雨带北移到华北和东北, 此雨带一直维持到 8 月。同样的情况也发生在 1981 和 1988 年的夏季。

从上面的分析可以看到, 在菲律宾周围对流活动强的夏季, 季风降水的季节内振荡明显, 位于我国东部的季风雨

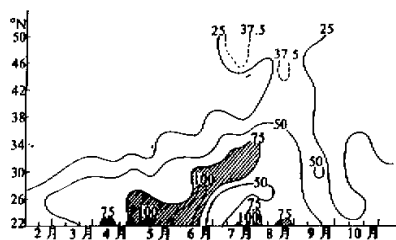


图 7 菲律宾周围对流活动弱的年份 2—10 月, 沿 110—120°E 平均旬降水量的纬度-时间剖面图
(单位: mm)

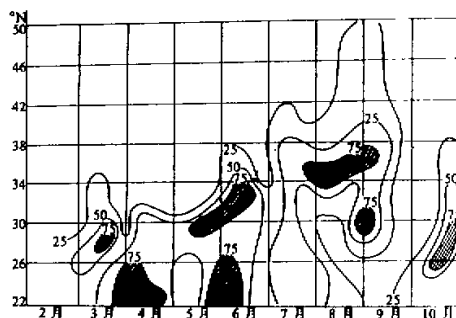


图 8 1987 年 2—10 月, 沿 110—120°E 平均旬降水量的纬度-时间剖面图
(单位: mm)

从图 8 可以清楚看到, 5 月下旬雨带位于江淮流域并且一直维持到 6 月下旬, 到 6 月下旬, 位于江淮流域的雨带虽有一次中断, 但从 7 月直到 9 月初, 此雨带继续维持在淮河流域。因此, 1987 年夏季江淮流域发生严重洪涝。同样的情况也发生在 1980, 1982 和 1983 年, 如 1980 年的夏季, 从 5 月下旬至 7 月, 雨带一直在江淮流域维持, 使 1980 年的夏季江淮流域发生了严重洪涝。

从上面的分析可以看到, 在菲律宾对流活动弱的夏季, 我国夏季风雨带从南向北移动时没有明显的向北突跳, 而是比较长期维持在江淮流域, 这使得江淮流域的梅雨不仅时间长, 而且来得早。

四、夏季菲律宾周围对流活动的季节内变化 及其对副热带高压的影响

Kawahara 和 Hayashi 指出了西太平洋对流活动的年际和季节内变化在菲律宾周围是比较大的^[20]。Kurihara 也指出在印度洋的东部和从我国南海到菲律宾以东沿 15—20°N 地区 10 天平均 OLR 的标准方差是比较大的, 特别在菲律宾的北部, OLR 的标准方差最大。为此, 我们分析了菲律宾周围的 OLR 季节内变化及其对西太平洋副热带高压季节内变化的影响。

1. 菲律宾周围对流活动强的夏季

上面已经阐述了在 1978, 1981, 1984, 1985 和 1988 年各年的夏季, 菲律宾周围的对流活动强。图 9 是上述这些年份夏季平均的高云量分布, 可以看到从孟加拉湾到菲律宾以东的上空, 对流活动是比较强的。从这些对流活动强的夏季卫星所得到的 OLR 资料的纬度-时间剖面图可以更明显地看到菲律宾周围对流活动的季节内变化。图 10 是 1985 年夏季 120—140°E 平均 OLR 的纬度-时间剖面图。从图 10 可以看到, 在 6 月初

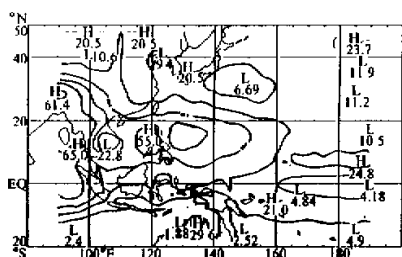


图9 我国江淮流域降水偏少时热带西太平洋夏季平均高云量分布
(单位: %)

有一次强盛的对流活动的发展过程, 在6月20日左右, 对流活动发展到顶点, 对流活动中心位于10°N附近。在这之后, 从7月20日到8月底又一次强对流活动发展过程, 在8月中旬, 菲律宾东北部20°N附近对流活动发展到最强。可见, 其对流活动的季节内变化是大的。

2. 菲律宾周围对流活动弱的夏季

与上述情况相反, 在菲律宾对流活动弱的夏季, 如1980, 1982, 1983和1987年, 其对流活动的季节内变化是比较小的。

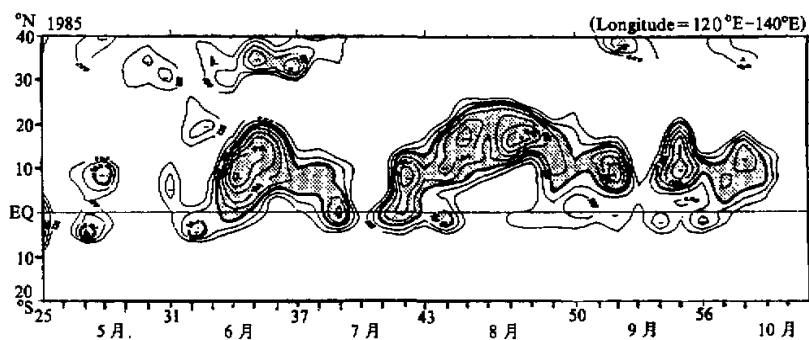


图10 1985年夏季120—140°E平均OLR的时间-纬度剖面图
阴影区表示 $OLR < 200 \text{ W/m}^2$

图11是上述这些年份夏季平均的高云量分布。可以看到从孟加拉湾到菲律宾以东的上空, 对流活动是比较弱的, 而在印度尼西亚以东, 对流活动相对较强。

同样, 从菲律宾周围对流活动弱的某一年夏季的OLR纬度-时间剖面图可以更清楚地看到在这种情况下对流活动的季节内变化不明显。图12是1987年夏季120—140°E平均OLR的时间-纬度剖面图。可以看到: 在1987年的夏季, 菲律宾周围的对流活动较弱, 并且在这地区对流活动的季节内变化也较不明显。同样的情况也发生在1980年的夏季。

从图2与图10的比较可以看到夏季西太平洋副热带高压的北跳是与菲律宾周围对流活动的加强紧密相关, 并且, 还可以看到菲律宾周围对流活动加强后10天左右, 副热带高压的位置北跳, 它的脊线一般与强对流活动所在的纬度相距为15个纬距左右。

- [5] 杨广基, 刘家铭, 1987, 东亚、东南亚、南亚地区降水的年变化和年际变化, *大气科学*, 11, 304—311.
- [6] 叶笃正、高由禧, 1979, 高原气象学, 气象出版社, 279pp.
- [7] Nitta, Ts., 1983, Observational study of heat sources over the eastern Tibetan Plateau during the summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 61, 590—605.
- [8] Luo, H.B. and M. Yanai, 1984, The large-scale circulation and heat sources over the Tibetan Plateau and surrounding during the early summer of 1979, *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1849—1853.
- [9] Huang, R.H. and K. Gambo, 1983, The response of a hemisphere multi-level model atmosphere to forcing by topography and stationary heat sources in summer, *J. Meteor. Soc. Japan*, 61, 494—509.
- [10] Huang Ronghui, 1984, The characteristics of the forced stationary planetary wave propagations in the summer Northern Hemisphere, *Adv. Atmos. Sci.*, 1, 85—94.
- [11] Huang Ronghui, 1985, Numerical simulation of the three-dimensional teleconnections in the summer circulation over the Northern Hemisphere, *Adv. Atmos. Sci.*, 2, 81—92.
- [12] Huang Ronghui and Li Weijing, 1987, Influence of the heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia, in *Proceedings of International Conference on the General Circulation of East Asia*, April 10—15, 1987, Chengdu, 40—51.
- [13] 黄荣辉、李维京, 1988, 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其物理机制, *大气科学(特刊)*, 107—116.
- [14] Huang Ronghui and Lu Li, 1989, Numerical simulation of the relationship between the anomaly of the subtropical high over East Asia and the convective activities in the western tropical Pacific, *Adv. Atmos. Sci.*, 6, 202—214.
- [15] Huang Ronghui and Sun Fengying, 1992, Impact of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 243—256.
- [16] Nitta, Ts., 1987, Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 373—390.
- [17] Kurihara, K. and M. Kawahara, 1986, Extremes of East Asian weather during the post ENSO years of 1983/84 severe cold winter and hot dry summer, *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 494—503.
- [18] Kurihara, K., 1989, A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical high in the western Northern Pacific, *Geophy. Mag.*, 43, 45—104.
- [19] 黄荣辉、孙凤英, 1993, 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响, *大气科学*, 18, No. 2, 141—151.
- [20] Kawahara, M. and K. Hayashi, 1987, Convective activities and circulation in the tropics, in: *Proceedings of the Annual Meeting for Technical Development of Long-Range Forecast in Fiscal 1986*, Forecast Department of Japan Meteorological Agency, 3—39 (in Japanese).

Impact of the Convective Activities over the Western Tropical Pacific Warm Pool on the Intraseasonal Variability of the East Asian Summer Monsoon

Huang Ronghui and Sun Fengying

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

In this paper, impact of the convective activities over the western tropical Pacific warm pool on the intraseasonal variability of the East Asian summer monsoon is analysed by using the observed data including the daily OLR over the western tropical Pacific warm pool, daily 500 hPa height field and 10-day precipitation in China. The analysed results show that in the summers with the strong convective activities around the Philippines, the abrupt northward shift of the western Pacific subtropical

high is obvious in the early summer, i.e., the abrupt shift in June is obvious. Moreover, there is often an abrupt northward shift of the subtropical high again in July. The result is an obvious abrupt northward shift of the East Asian summer monsoon rain band. Thus, the monsoon rainfall cannot be maintained in the Yangtze River valley and the Huai River valley. On the contrary, in the summers with the weak convective activities around the Philippines, the abrupt northward shift of the western Pacific subtropical high is not obvious in the early summer, i.e., abrupt shift is not obvious in June. It may be maintained over the south to the Yangtze River for long time. As a consequence, the East Asian summer monsoon rain band is maintained in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the Huai River valley.

Key words: warm pool; convective activities; subtropical high; intraseasonal variability.

国家基础研究和应用基础研究重大项目

“我国未来(20—50 年)生存环境变化趋势的预测研究”

学术讨论会在昆明召开

由著名科学家叶笃正主持,中国科学院、中国气象局、北京师范学院等单位共同参与的攀登 85-27 项目,于 1994 年 4 月 1—7 日在昆明召开学术讨论会。来自十多个科研单位的 50 多位学者和项目主管部门有关领导出席。会上交流研究成果 40 余项。

攀登 85-27 项目是由国家科委组织的、全球变化研究领域的一项多学科综合研究项目,其宗旨是:通过研究大气、水文、植被、土壤等地球环境要素之间的相互作用,对十到百年尺度的未来全球变化背景上的我国生存环境演变特征做出评估。这次会议反映出:该项目执行三年来,已围绕上述宗旨,在中国历史环境演变的定量化序列恢复及其分析、卫星遥感反演地表特征参数、大气微量气体源汇的机理及应用、生态-气候相互作用的有关观测、理论和模拟、气候变化对农业、林业、水资源等影响及气候可预报性诸方面取得实质性进展。

根据项目主持人提议,会议还组织了“环境系统中的过渡带”和“气候、环境预测方法”两个专题讨论,与会者自由参加,气氛热烈。在讨论基础上形成的共识,为进一步的工作提供了指导。

本次会议既是对已有成果的交流,更是对未来发展的促进。项目的一批研究工作已经达到或接近国际先进水平。一批富有创新精神的年轻学者已深入本项目的一些跨专业研究。这为完成本项目以及进一步深化我国的全球变化研究提供了基础。

(严中伟)