

中国东部季风降水与赤道东太平洋海温的关系

李麦村 吴仪芳 黄嘉佑

(中国科学院大气物理研究所) (北京大学)

提 要

本文对中国异常季风降水与太平洋海表温度距平之间的关系进行了研究, 特别注意到了1951—1975年夏季北半球月平均年际变化。

赤道东太平洋海温距平经验正交函数(EOF)第一特征向量的时间序列与长江流域季风降水及太平洋副高指数之间的相互关系存在着相当明确的遥相关, 发现长江流域旱(涝)与赤道东太平洋暖(冷)、西太平洋冷(暖)以及太平洋海温距平的二种行星型相符合。存在两种异常季风环流型, 其一种型式类似于 Horel 和 Wallace^[1] 1982年提出的赤道增暖事件冬季的波列, 另一种型式在相同位置其距平中心符号相反, 只是强度较前一种情况弱。

东太平洋海温异常改变着西太平洋副高的强度及位置, 从而影响印度尼西亚地区的跨赤道气流和中国东部低层的东南季风及长江流域的降水。

在赤道中太平洋和西太平洋(或东亚)之间表面温度对比的基础上, 提出了三维行星对流环流, 并以此来解释异常的季风环流。

一、引 言

正如大家所熟知, 异常的季风环流给中国东部地区夏季带来大范围的旱或涝和冷或暖, 导致粮食歉收及人民生命财产的损失。

40多年以前, 涂长望就注意到中国天气与南方涛动之间的关系^[2], 近几年来李麦村等以及王绍武和赵宗慈的研究指出, 长江中下游降水与赤道东太平洋海温有密切关系, 同时北太平洋特别是黑潮区及西太平洋中部地区(30—40°N, 140—150°E)的海温与中国东部地区降水也有很密切的关系^[3, 4]。最近吴仪芳和李麦村指出长江流域旱涝的发生与整个北太平洋海温距平大尺度分布有密切关系, 海温距平最大中心的二个关键地区是赤道东太平洋和西北太平洋的黑潮区^[5]。文献[4]、陈烈庭、黄嘉佑和李麦村以及地理所长期组指出赤道东太平洋海温异常不仅影响东太平洋的天气, 也影响西太平洋的天气, 西太平洋副高与东赤道海表温度之间有相当大的正相关^[6-9], 而众所周知, 西太平洋副高与我国降水紧密联系, 王继志和李麦村指出了季风降水和温度受北澳大利亚-印度尼西亚地区

(105—120°E) 向北的跨赤道气流的控制^[10], 这一主要结果与赵宗慈和王绍武的结果一致, 他们发现澳大利亚气压和中国东部降水之间有相当大的相关^[11]。最近, 李麦村和王继志进一步指出印度尼西亚地区跨赤道气流的强度与方向不仅取决于澳大利亚副热带高压的强度与位置, 也取决于西北太平洋副热带高压的强度与位置, 当低层西太平洋副高中心位置偏西南、澳大利亚高压偏弱时, 强大的东南跨赤道气流容易流过中国南海在中国东部地区盛行, 因而中国东部产生洪涝。相反, 跨赤道气流不能到达中国, 那儿盛行西北干冷气流, 因而长江流域及中国东北干旱^[12]。

本文进一步研究了东太平洋海温距平和中国东部降水及气温的关系, 对太平洋海温距平与长江流域降水的关系, 特别强调赤道东太平洋海温距平和受东太平洋海温距平影响的夏季季风环流异常以及与赤道太平洋海温距平有联系的遥相关。并根据大尺度动力学提出了解释。

所用海温资料, 1951—1977 年取自中国科学院地理研究所与上海中心气象台整编的海温资料, 1977 年以后取自美国出版的渔情公报, 气温、降水及天气图资料取自中央气象局出版的历史大气图及资料。

二、中国东部地区旱涝时太平洋海温距平分布

为阐明长江流域降水与赤道东太平洋海温距平之间的关系, 我们对几个典型旱涝年进行了统计分析。图 1a、b 分别为长江中下游地区 7 个旱年与 7 个涝年 7 月海温距平平均图。

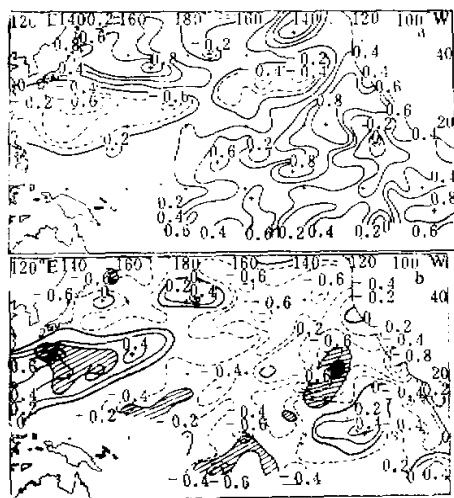


图 1 太平洋 7 月平均海温距平

a: 旱年, b: 涝年, 阴影区表示信度超过 0.05

由图 1 可见, 旱与涝年太平洋海温距平中心符号相反。旱年 (图 1a) 的海温距平分布与 Weare^[13] 等 1976 年发表的海温距平经验正交函数 (EOF) 的 NS_1 十分相似, 而涝年 (图 1b) 则相似于 NS_2 。这个事实表明中国东部地区旱涝与整个太平洋海温大尺度分布有关, 而海表温度大尺度分布的不同型式必然影响大气状况 (文献 [1])。在这些型中有两个最大中心或关键区, 一是赤道东太平洋, 另一是西太平洋黑潮区。

这些结果还表明, 旱年的海温距平分布与 El Niño 型相符合, 而涝年则与反 El Niño 型相符。似乎长江流域的干旱与赤道东太平洋异常增暖有关。这点将在下一节中详细说明。

三、长江流域降水与赤道东太平洋海温距平的关系

为了分析太平洋海温距平关键区的海温异常演变,我们将北太平洋和赤道太平洋划分成四个区域(图2)。南区(S)是赤道东太平洋冷水区,那儿经常发生 El Niño 现象。西区(W)与黑潮区相符,东区(E)是加利福尼亚海流区,北区(N)是1974年 Namias 提出的“北方活动中心”冷水区。

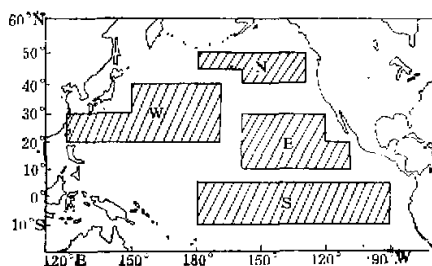


图2 区域示意图

我们分别作了各区的经验正交函数(EOF)分析。图3是赤道东太平洋海温距平 EOF 的特征向量,其第一特征向量的分布基本上与 Weare 等1976年所做的整个北太平洋海温距平 EOF 的第一特征向量在赤道区的分布相一致。

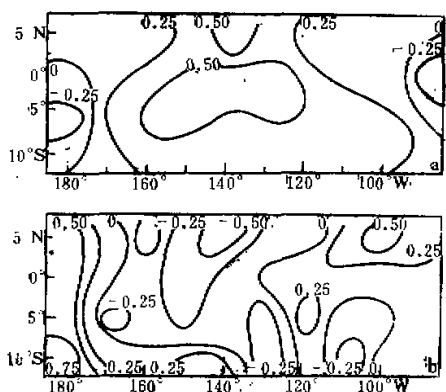


图3 赤道东太平洋海温距平 EOF 的特征向量

a: 第一特征向量 b: 第二特征向量

赤道东太平洋海温距平经验正交函数第一特征向量的时间序列与中国东部夏季(6月)降水时间序列均表示于图4。

长江中下游6月降水基本上与赤道东太平洋海温距平呈反相关,特别是中国几个严重的早年与著名的 El Niño 年相符合:1951—1952、1957—1958、1965—1966 和 1972—

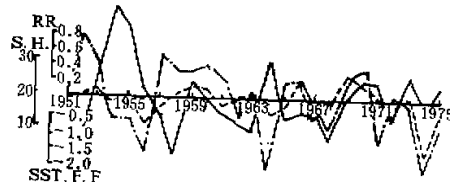


图4 赤道东太平洋海温距平的第一特征向量(点划线 SST.F.F.), 标准化了的长江中下游降水(实线 RR)及西太平洋副高指数(虚线 S. H.)的时间序列

1973 年, 仅仅在 1969 年长江降水与此相反。另外, 几个涝年: 1954—1956、1964 和 1971 年与赤道东太平洋负海温距平相符合。

我国天气预报员都熟知, 长江流域降水与西太平洋副高的强度及位置关系密切。图 4 中我们还给出了 6 月西太平洋副高面积指数——西太平洋(110—180°E, 10—40°N)范围内 500 hPa 588 包线所包面积中 5 个经纬度网格点数(引自文献[8])。可以看到副高面积指数曲线与赤道东太平洋海温距平曲线是同位相的, 这从另一方面说明了长江流域降水与赤道东太平洋海温距平紧密相联系。

另一个关键区(黑潮区)的海温距平也与长江流域降水紧密相关, 这点在文献[3]中早已被证实。

图 5 表示长江流域降水与太平洋海温距平之间关系的 t 检验, 实线、斜线及斜格区分别表示超过 0.90、0.95 及 0.99 不同的显著度水平。清楚看到, 高信度中心出现在西太平洋黑潮区和赤道太平洋地区。这也充分表明该二区的海温距平与长江流域降水有很高的相关。

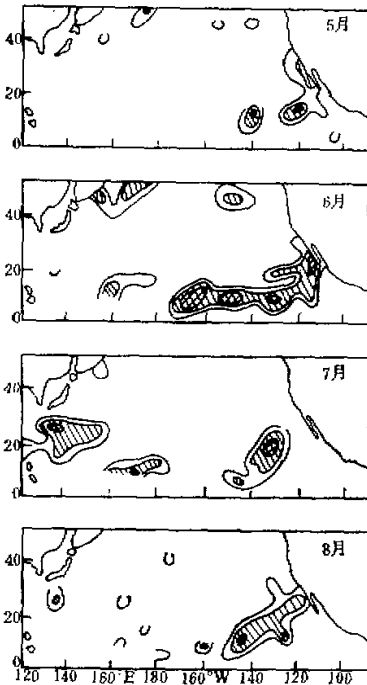


图5 t 检验

实线、斜线及斜格区表示统计显著度分别超过 0.90、0.95 和 0.99 不同的置信度水平

四、中国东部和西太平洋地区 异常季风环流与埃尔尼诺南方 涛动 (Enso) 的关系

我们已经给出了西太平洋副高面积指数与赤道东太平洋海温距平之间的正相关关系, 这种关系还可以进一步分别以海温距平和副高面积指数的功率谱分析来证实(图 6)。

由图 6 可见, 副高与海表温度二者均在 42 个月周期处达到最高点, 这个周期与王绍武和赵宗慈在文献[4]中得到的南方涛动及长江降水的周期相一致。

图 7 表示在周期为 42 个月的频带上凝聚平方高达 0.652, 这个值大大超过 5% 信度水平。且通过位相角计算出副高在这一周期上较海温落后 4.2 个月, 从落后相关计算中也发现副高落后海温 4 个月的相关系数最大。通常, 赤道东太平洋的冷或暖流开始在冬末, 然后加强并沿赤道向西传, 下一年夏季传到西部^[4]。

当冬季赤道东太平洋暖(冷)时, 夏季副高强(弱), 长江流域夏季降水将减少(增加)。当东南太平洋暖(冷)时, 南方涛动指数(SOI)低(高)。这种形势意味着澳大利亚高压强(弱), 哈特来环流强(弱); 沃克环流弱(强)。

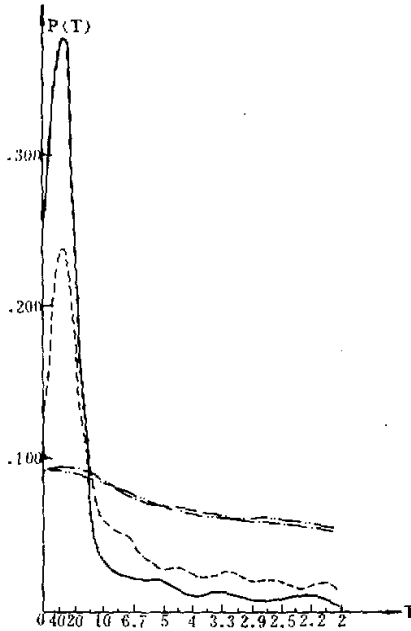


图 6 赤道东太平洋海温距平(虚线)和西太平洋副高指数(实线)时间序列的功率谱分析, 点划线表示红噪声

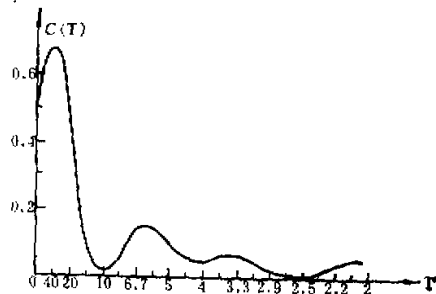


图 7 赤道东太平洋海温距平和西太平洋副高指数的凝聚谱



图 8 6月 850 hPa 位势高度距平平均 (取自文献[6])

a: 旱年, b: 涝年

由于这些事实, 当赤道东太平洋海温距平为正(负)时, 副热带太平洋高压(北半球的副高和南半球的澳大利亚高压)均强(弱), 其位置均比正常更偏东(西)(图 8)。赤道西太平洋、菲律宾、中国南海和东印度洋气压距平为负(正), 低层跨赤道气流和中国南海的东南季风弱(强), 中国东部地区盛行来自北方(南方)的气流。于是, 长江流域降水较正常情况弱(强), 中国东北地区气温较正常低(高), 中国东部出现旱(涝)和冷夏(热夏)。该结果也在文献[4, 6]中被王绍武和赵宗慈以及陈烈庭对一维沃克环流和哈特来环流的计算所证实。

五、西北太平洋异常季风型和它的动力学解释

图 9a、b 表示大气中层(500 hPa)位势高度距平型, 为 7 个 6 月平均距平。图 9a 的

型式,相当于赤道增暖时夏季的距平分布,9b则相当于赤道冷水的情况。其波型与 Horel

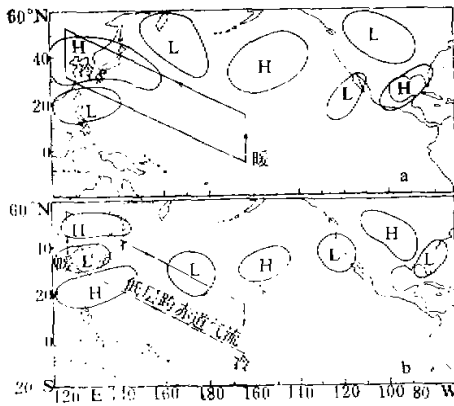


图9 500hPa 高度距平型(实线)及假设的三维对流环流(箭头)示意图

a: 赤道暖水时, b: 赤道冷水时

和 Wallace^[1] 所给出的波列基本相同,只是符号与强度不同,这是因为图9是夏季的距平而 Horel 和 Wallace 给出的是冬季的距平。西太平洋、中国东部和中国南海的距平中心均比东太平洋的更强,长江以北为强的正距平中心,中国东部 30°N 以南为负中心。这种距平分布表明西太平洋副高位置较正常偏北、偏东。因而中国东部低层东南季风爬坡运动弱,降水偏少。图9b所示的型虽然比9a的弱,但在西太平洋、中国东部和中国南海距平中心仍然很强,这些区域的距平中心符号与图9a的相反。这种距平分布表明西太平洋副高位置较正常偏

南、偏西,因而来自印度尼西亚的跨赤道气流强,中国东部低层东南季风爬坡运动强,长江流域出现洪涝。

图9中所示的异常垂直运动型与 Bjerknes^[12]、Krishnamurti^[16]、陈烈庭^[6]的诊断与计算及天气学分析所发现的结果相一致。因为赤道东太平洋海温异常与整个北太平洋海温异常有关,赤道东太平洋与西太平洋黑潮区之间的海温距平中心符号相反,太平洋的海温距平分布有两种极端相反的行星型。按照经典的季风观点,正海温距平的地方有利于上升运动,负海温距平处有利于下沉运动,似乎有理由认为夏季中太平洋和东亚之间存在二个相反气流距平的三维行星对流环流。赤道东太平洋正(负)海温距平与西太平洋负(正)海温距平相联系,于是赤道太平洋出现上升(下沉)运动而中国东部出现下沉(上升)运动,跨赤道气流弱(强)。

三维对流环流也不与 Bjerknes^[12]、王绍武和赵宗慈^[4]、陈烈庭^[6]以及符淙斌^[27]等讨论的 Hadley 及 Walker 环流的结果相冲突。实际上当赤道区普遍增暖(降冷)时,中太平洋经向温度对比增加(减小),哈特来环流加强(减弱),中层太平洋副高正距平加强(减弱),沃克环流和跨赤道气流弱(强),中国东部低层东南季风气流弱(强),中国东部降水弱(强)。这些结果与图9中的对流环流十分符合。很可能在美洲大陆和赤道中太平洋之间也存在这种对流环流。我们上述的假设,将用数值模拟进一步予以证实和检验。

六、总结和讨论

我们指出了东亚季风异常与赤道东、西太平洋海温异常有显著的关系,异常的海温距平型特别是黑潮区和赤道东太平洋海温距平分布改变着季风环流。显然,当赤道东太平洋海温暖(冷)、西太平洋(黑潮区)海温冷(暖)时北太平洋和南太平洋副高均强(弱),位置偏东(西)、偏北(南)。同时南方涛动指数低(高),澳大利亚低层气压距平为正(负),于是来

自印度尼西亚的跨赤道气流较正常弱(强), 中国东部低层东南季风弱(强), 长江流域形成旱(涝), 中国东北形成低温(热夏)。

关于总的遥相关型的动力学解释, 是由于我们假设了和太平洋行星尺度海表温度距平对比相符合的三维行星对流环流。这种三维对流环流不仅仅由一维哈特来环流和一维沃克环流所组成, 也由行星波列所组成。此外, 这种行星对流环流可能是亚洲、太平洋地区季风环流的一部份。根据经典的季风观点, 海陆热力对比决定季风环流, 因为西太平洋紧靠亚洲, 西太平洋海温距平可以与亚洲大陆表面温度成正比, 我们假定在亚洲、太平洋地区可能存在三维行星对流环流, 我们所示的这种环流很可能是季风环流的一部份。如果是这样的话, 那么异常的季风环流与降水不仅被太平洋海表温度距平所决定, 而且被亚洲大陆异常的温度所决定。因此, 亚洲大陆温度距平也很可能是影响季风异常的一个重要因子。紧接着我们将要研究太平洋海表温度距平与亚洲大陆温度距平的联合影响。

本文仅仅叙述了遥相关型和它的动力学解释, 并没有论及对长期天气预报十分重要的海温、季风环流以及降水的时间演变, 这些将有待今后进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Horel and Sallace, 1982, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 109, 813—839.
- [2] 涂长望, 1955, 中国近代气象科学论文集, 科学出版社。
- [3] 李麦村、陈烈庭、林学椿, 1979, *大气科学*, Vol. 3, No. 3, 247—255.
- [4] 王绍武、赵宗慈, 1979, *气象学报*, Vol. 47, No. 1, 64—75, No. 1, 19—27.
- [5] 吴仪芳、李麦村, 1983 *海洋学报*, Vol. 5, No. 1, 19—27.
- [6] 陈烈庭, 1977, *大气科学* Vol. 1, 1—12.
- [7] 陈烈庭, 1982, *大气科学*, Vol. 6, 148—156.
- [8] 黄嘉佑、李麦村, 统计预报文集, (即将发表)
- [9] 地理所长期组, 1977, *科学通报*, Vol. 22, No. 7, 313—317.
- [10] 王继志、李麦村, 1982, *大气科学*, Vol. 6, 1—10.
- [11] 赵宗慈、王绍武, 1979, *气象学报*, Vol. 57, No. 2, 58—69.
- [12] 李麦村、王继志, 中国夏季风与热带环流的季节变化(待发表)
- [13] Weare, B. C. Navato, A. K. and Newell, R. E., *J. Phys. Oceanog.*, Vol. 6, 671—678.
- [14] Rasmusson, E. M. and Carpenter, Thomas H., 1981, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 110, 354—384.
- [15] Bjerknes, J., 1969, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 97, 165—172.
- [16] Krishnamurti, T. N., 1971, *J. Atmos. Sci.*, Vol. 28, 1342—1347.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MONSOON RAINFALL OVER EASTERN CHINA AND THE EASTERN EQUATORIAL PACIFIC SEA SURFACE TEMPERATURE

Li Maicun Wu Yifang

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Huang Jiayou

(Beijing University)

Abstract

The relation between the abnormal monsoon rainfall over China and the Pacific sea surface temperature (SST) departures is examined. This paper is specifically concerned with the interannual variability of monthly means for the Northern Hemisphere during the summers of 1951—1975.

The correlations between the time series of the first empirical orthogonal function (EOF) of the Eastern Equatorial Pacific SST departures and the monsoon rainfall over the Yangtze River and the Pacific subtropical high index exhibit a well-defined teleconnection pattern. It is found that the drought (flood) over the Yangtze River corresponds to the warming (cooling) in the Eastern Equatorial Pacific and the cooling (warming) in the Western Pacific. Corresponding to these two planetary patterns of Pacific SST departures, there are two abnormal monsoon circulation patterns: one is similar to the wavetrains shown by Horel and Wallace (1982) in the winter during an equatorial warm episode, the other has opposite signs of departure centers in similar locations, but the intensity is weaker than the former case. The SST departures in the Eastern Pacific change the intensity and location of the Western Pacific subtropical high, with subsequent effects on the cross-equatorial flow over the Indonesia area, the low level southeast monsoon over the eastern China and the rainfall over the Yangtze River.

A three-dimensional planetary convective cell is proposed to interpret the global abnormal monsoon circulation, based on the surface temperature contrast between the middle Equatorial Pacific and the Western Pacific (or the Eastern Asia).