

# 长江流域夏季降水与全球海温关系的分析<sup>①</sup>

龚振淞 何 敏

(国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

**提 要:** 用相关和 SVD 方法分析讨论了不同季节全球海温异常与长江流域夏季降水的联系, 并用合成分析探讨了这种相互联系的可能机制。结果表明, 当前期冬季赤道东太平洋海温、同期夏季西太平洋暖池和赤道印度洋海温偏高时, 热带季风偏弱, 副热带季风偏强, 冷暖气流在长江流域交汇, 梅雨锋加强, 有利于长江流域夏季降水偏多。

**关键词:** 海温 夏季降水 季风

## Relationship between Summer Rainfall in Changjiang River Valley and SSTA of Various Seasons

Gong Zhensong He Min

(National Climate Center, Laboratory of Climate Research, CMA, Beijing 100081)

**Abstract:** Based on the correlation and SVD methods, the relationship between the summer rainfall in Changjiang River basin and the SSTA of different seasons are studied. The results show that if the SSTA of EEP in winter and that of TWP and EI in summer is warmer than normal, the tropic monsoon will become weaker, and the subtropic monsoon will become stronger. The cold and warm airflow will converge in the Changjiang River basin and the Mei-yu front will be strengthened, then the rainfall of summer in Changjiang River will be much more than average.

**Key Words:** SST summer rainfall monsoon

## 引 言

我国夏季旱涝分布异常,这给国民经济和人民财产造成重大损失。影响夏季降水的下垫面因子很多,如高原积雪异常、极冰异常、海温异常等。海洋的面积占地球表面积的四分之三,海洋热状况的异常变化对我国夏季的旱涝分布,尤其是长江流域降水的影响尤其重要。早在20世纪50年代吕炯<sup>[1]</sup>就提出西北太平洋海温异常和我国长江流域汛期旱涝有很好的关系。随后有很多研究<sup>[2~6]</sup>都发现太平洋和印度洋海温异常与我国东部夏季降水有密切关系。但以往的研究比较注重个别海区海温异常对我国夏季降水的影响,较少从整体上考虑全球海温异常的影响。为了与预测业务相结合,本文采用国家气候中心诊断预测室<sup>[6]</sup>划分雨区的方法,选取了包括南京、合肥、上海、杭州等17个代表站来代表长江流域。同时还利用最新的观测资料和多种诊断分析方法,对长江流域降水与全球海温异常的关系进行了分析,并进一步研究各海区海温对降水产生影响的可能机理。

## 1 资 料

本文主要使用(1)NCEP/NCAR再分析资料中的月平均海温格点资料,其覆盖时段为1951年1月~2000年12月,共50年、600个月,格距为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ ;(2)中国160站月降水资料,覆盖时段1951年1月~2000年12月,共50年、600个月;(3)中国夏季降水指数(1951~2000年)。后两项资料来自国家气候中心诊断预测室。

## 2 长江流域降水与全球海温的关系

为了研究长江流域夏季降水与全球海温的关系,计算了前期秋季、冬季、春季和同期夏季全球海温与长江流域夏季降水指数的相关,主要有三个海区通过相关性度检验(图略)。在前期秋季和冬季,赤道东太平洋有一大范围正相关区,最大正相关系数在0.5以上,通过了0.01信度的 $t$ 检验,这说明长江流域夏季降水与前期秋季和冬季的赤道东太平洋呈显著的正相关。但是赤道东太平洋的正相关区域到春季和夏季有明显的缩小,特别是夏季几乎没有通过信度检验的相关区。赤道印度洋在前期秋季和冬季的正相关区域很小,而到前期春季和同期夏季,正相关区域明显扩大,其中前期春季的正相关区域主要在赤道以南的印度洋,而夏季的正相关区域以赤道为轴线对称,并且春、夏季的相关都通过了0.01信度的 $t$ 检验。除此以外,暖池区域在前期秋季、冬季和春季与长江流域夏季降水没有很明显的相关,但是夏季有一块很好的正相关区域,该区域往东一直延伸到 $170^{\circ}\text{E}$ 附近范围。以上分析表明从前期秋季至同期夏季全球主要有三个海区与夏季长江流域降水呈正相关关系,这三个海温关键区为:(1)前期冬季赤道东太平洋(EEP): $20^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ ,与长江流域夏季降水的关系为隔季遥相关关系,同期关系不显著;(2)西太平洋暖池(TWP): $5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $115^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$ ,与长江流域夏季降水同期关系显著;(3)赤道印度洋(EI): $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 、 $55^{\circ}\sim 95^{\circ}\text{E}$ ,春、夏季赤道印度洋地区海温与长江流域夏季降水关系显著。

### 3 各关键海区海温与中国夏季降水异常的最佳耦合模式

奇异值分解 (SVD) 可以分离出两场的高相关区, 进而了解成对变量场之间相关系数的空间结构及对各自相关场的贡献<sup>[7]</sup>。我们对上述不同季节高相关海区的海温场与中国夏季降水场进行奇异值分解, 以便更清楚地分析前期和同期海温与中国夏季降水的关系及相互联系的可能机制。经过前面的相关分析得到与长江流域夏季降水异常相关的前期和同期三个海温关键区。由于各海区海温与降水显著相关的季节不同, 因此分别以三个关键海区的海温为右场, 中国 1951~2000 年 50 年夏季 (6~8 月) 降水作为左场, 进行奇异值分解。

从三个海温关键海区与中国夏季降水进行 SVD 分析后得到的前三个模态的方差贡献及相应的相关系数来看 (表略), 冬季赤道东太平洋第一模态的方差贡献率最高, 达到 66.1%, 相应的模态相关系数为 0.687; 而夏季西太平洋暖池第一模态的方差贡献最低, 只有 38.8%, 相应的模态相关系数为 0.666; 夏季赤道印度洋第一模态的方差贡献为 62.7%, 相应的模态相关系数为 0.729; 以上三组相关系数均高于 0.001 的显著水平。另外, 这三个关键海区的前三个耦合模态的累积方差贡献 (CSCF%) 分别占总体方差贡献的 89.2%、66.5% 和 88%, 意味着前 3 个模态基本上反映了以上三个海区海温异常与长江流域夏季降水异常的关系。

图 1 给出三个不同海区 SVD 分解左、右场第一模态的异质相关分布, 图中黑色加粗线内是通过 0.05 信度的区域。图 1a 是冬季赤道东太平洋海温与中国夏季降水 SVD

分解后得到的海温第一模态异质相关分布, 整个赤道东太平洋都为正相关, 呈现出暖异常特征 (相当于 ENSO 循环过程的暖位相特征), 其中在  $20^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{S}$  的范围内的大部分区域都达到 0.05 显著水平。对应的降水场异质相关 (图 1b) 的正相关区域分布在江南大部、西南地区东部、青海东部、内蒙古和新疆, 全国其余大部分区域是负相关, 即在江南呈现出与华南、淮河流域、华北和东北地区相反分布型。因此, 赤道东太平洋与中国夏季降水 SVD 分解的第一模态的特征反映了前期冬季赤道东太平洋海温偏暖有利于江南夏季降水偏多的特征。

图 1c 为西太平洋暖池海温场的第一模态的异质相关图。由图可见, 西太平洋暖池地区为大范围的负相关区, 只有在  $140^{\circ}\text{E}$  以东、 $10^{\circ}\text{N}$  以北的范围内有一呈西北—东南走向的狭长的正相关区域。在对应的降水场异质相关图 2d 中, 除东南沿海、山东半岛等几个小区域为正相关以外, 全国大部分地区都为负相关, 其中达到 0.05 显著水平的地区在长江流域。因此当夏季西太平洋暖池地区的海温呈现出大范围负距平时, 全国大部分地区的夏季降水将以偏少为主, 特别是在长江流域将可能会出现较严重的干旱。

图 1e 和图 1f 分别为夏季赤道印度洋与夏季中国降水 SVD 分解第一模态的异质相关分布。在夏季赤道印度洋海温场异质相关图 1e 中, 大部分区域为达到 0.05 显著水平的正相关, 负相关只在  $65^{\circ}\text{E}$  西北的一小块区域。在对应的降水场异质相关图 1f 中, 长江中下游、内蒙古东部和新疆大部为正相关, 长江以北的大部地区以负相关为主。故当赤道印度洋 ( $65\sim 95^{\circ}\text{E}$ ) 中大部分海区为海温正的距平时, 长江中下游地区降水易偏多, 而华南、华北和西北等地区降水偏少。

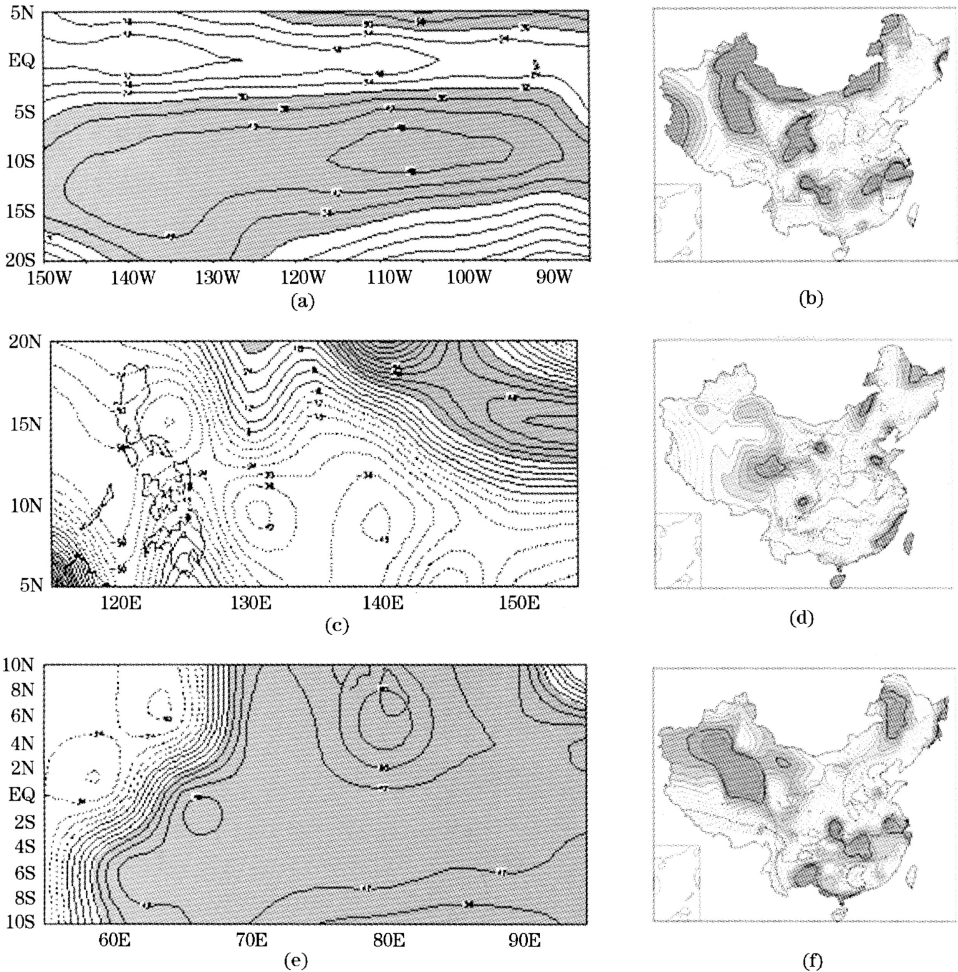


图 1 中国夏季降水与各海温关键区第一模态异质相关分布

冬季赤道东太平洋 (a) 与中国夏季降水 (b); 夏季西太平洋暖池 (c) 与中国夏季降水 (d); 夏季赤道印度洋 (e) 与中国夏季降水 (f). 等值线间隔: 6, 单位: %

(图中数值绝对值大于 27 的区域通过 0.05 的信度检验, 大于 35 的区域通过 0.01 的信度检验)

4 各关键海区海温对长江流域夏季降水影响的可能机理

前面用 SVD 方法分析了不同季节高相关海区海温对中国夏季降水的可能联系。下面将通过分析各海区典型冷、暖年风场的合成图, 更直观地讨论海温异常对中国夏季降水影响的可能机制。以往对赤道东太平洋

的研究已有很多, 文中重点讨论西太平洋暖池和赤道印度洋这两个关键海区。取热带西太平洋暖池区及赤道印度洋区海温正、负异常绝对值超过 1/2 个标准差年份的风场做合成分析。

4.1 西太平洋暖池夏季海温对长江流域夏季降水的影响

西太平洋暖池海温的暖异常改变了常态

的潜热和感热通量的状况,并且通过大气环流对中国东部的降水产生作用。西太平洋暖池区暖异常年夏季 850hPa 纬向距平风场(图 2),从低纬度到高纬度纬向风距平呈‘一十一’带状分布。从孟加拉湾到南海至赤道中太平洋是一个强负距平;副热带地区从华南、长江中下游至西太平洋是正距平,其中长江以南和日本岛以南的西太平洋地区偏差在  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  以上;东北至日本岛北部是负距平,但负距平较小。西太平洋暖池区冷异常年夏季纬向风距平分布(图略)与暖异常年相反,从低纬度到高纬度纬向风距平呈‘十一一’带状分布。因此西太平洋暖池暖异常会使东亚亚热带地区低层东风加强,副热带地区西风加强,低层持续的偏西气流给梅雨锋区带来了源源不断的冷空气,使梅雨锋加强,江淮地区降水偏多;而异常冷年,东

亚热带地区低层西风加强,副热带地区东风加强,使热带夏季风加强,而副热带季风减弱,江淮地区降水偏少。西太平洋暖池海温的合成分析及 SVD 分析的结论是一致的。

#### 4.2 赤道印度洋夏季海温对长江流域夏季降水的影响

南亚季风气流在到达我国之前要受到阿拉伯海、孟加拉湾等下垫面热力状况的影响,印度洋海温异常对热带大气环流和我国旱涝也有重要影响。图 3 为赤道印度洋暖水年 850hPa 纬向风距平合成图。在赤道印度洋暖水年(图 3),热带地区纬向风距平为负,这说明有东风气流活动,热带季风槽偏弱;而在副热带梅雨锋活动的区域,纬向风距平为正,意味着有西风活动,梅雨锋偏强,江淮流域降水偏多。在赤道印度洋冷水

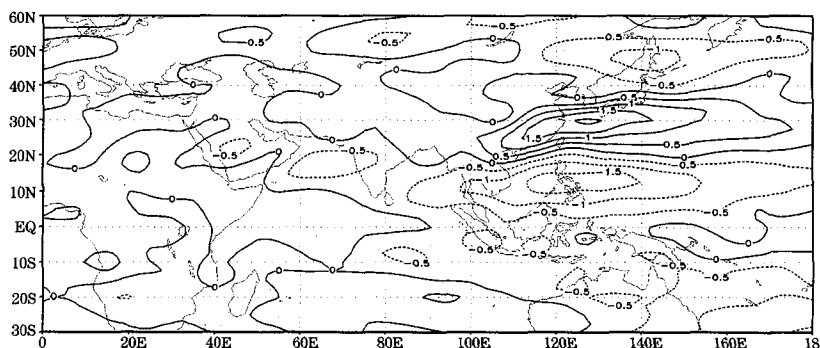


图 2 西太平洋暖池海温暖异常年 850hPa 纬向风距平合成图(单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

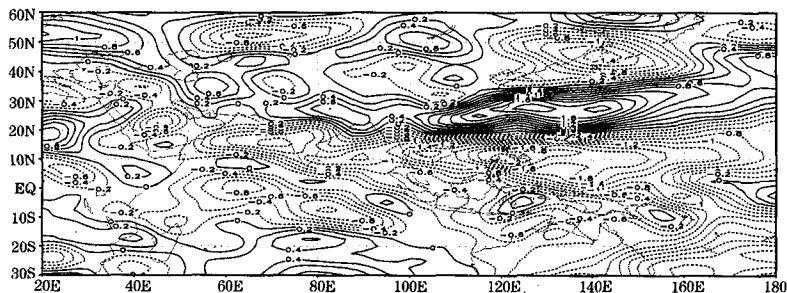


图 3 印度洋海温暖异常年夏季 850hPa 纬向风距平合成图(单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

年(图略),热带地区纬向风距平为正,这说明有西风气流活动,热带季风槽偏强;而在副热带梅雨锋活动的区域,纬向风距平为负,意味着有东风活动,梅雨锋偏弱,江淮流域降水偏少。这与前面 SVD 分析的结论也是一致的。

## 5 小 结

用相关、SVD 和合成分析方法对各季全球海温对长江流域夏季降水的影响进行了研究。并通过对风场的分析,探讨了各海区影响长江流域夏季降水的可能联系。

(1) 从前期秋季至同期夏季主要有三个关键海区与夏季长江流域降水呈正相关关系,这三个海温关键区为:(1)前期冬季赤道东太平洋(EEP): $20^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ ,与长江流域夏季降水的关系为隔季遥相关关系,同期关系不显著;(2)西太平洋暖池(TWP): $5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $115^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$ ,与长江流域降水的同期夏季最显著;(3)赤道印度洋(EI): $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 、 $55^{\circ}\sim 95^{\circ}\text{E}$ ,春、夏季赤道印度洋海温与长江流域夏季降水关系显著。

(2) SVD 和合成分析表明:当前期冬

季赤道东太平洋地区海温、同期夏季西太平洋暖池海温和赤道印度洋海温偏高时,热带季风偏弱,副热带季风偏强;冷暖气流在长江流域交汇,梅雨锋加强,有利于长江流域夏季降水偏多。

因此,对于夏季长江流域降水的海温影响因子不但要考虑前期 ENSO 的冷暖位相,还要注意西太平洋暖池和赤道印度洋海温的发展。

## 参考文献

- 1 吕炯. 海温异常与水旱问题. 气象学报, 1950, 21 (1): 1~15.
- 2 朱平盛, 张苏平. 北太平洋海温异常对我国降水影响的数值试验. 气象, 2000, 26 (5): 3~7.
- 3 罗绍华, 金祖辉, 陈烈庭. 印度洋和南海海温与长江中下游夏季降水的分析. 大气科学, 1985, 9 (3): 314~320.
- 4 董婕, 刘丽敏. 赤道东太平洋海温与中国温度、降水的关系. 气象, 2000, 26 (2): 25~28.
- 5 王谦谦, 钱永甫, 徐海明. 1991 年太平洋海温异常对降水的数值试验. 南京气象学院学报, 1995, 18 (2): 200~205.
- 6 赵振国主编. 中国夏季旱涝及环境场. 北京: 气象出版社, 1999.
- 7 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京: 气象出版社, 1999.