

# ENSO 与中国东部地区夏季降水 相关性年代际变化特征

游 泳<sup>1,2</sup> 郭品文<sup>1</sup> 廖 勇<sup>1</sup> 张 玲<sup>1</sup>

(1 南京信息工程大学大气科学系, 南京 210044; 2 四川省气象局科技减灾处, 成都 610072)

**摘要** 利用国家气候中心提供的中国 160 站 1951 ~ 2000 年逐月降水资料, Hadley 中心提供的 1951 ~ 2000 年逐月全球海表层温度资料, 采用线性相关分析和滑动相关分析方法, 探讨了 ENSO 与中国东部地区夏季降水的年际关系及二者年际关系的年代际变化特征。结果表明, 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际关系同期相关显著, 且二者的年际关系存在明显的年代际变化, 年际相关型分 3 个阶段: 第 1 阶段(1972 年前)为“东西型”, 第 2 阶段(1973 ~ 1983 年)为“南北型”, 第 3 阶段(1984 年后)也为“南北型”。

**关键词** ENSO 夏季降水 年际关系 年代际变化

## 引言

我国位于亚洲东部, 太平洋西岸, 冬夏海陆热力差异显著, 天气、气候变化受海温影响明显。诸多研究表明赤道东太平洋(尤其是 Nino 3 区)是热带海洋海温变化信号最强的区域<sup>[1]</sup>, 而 ENSO 是高于气候噪音水平最强的海洋和大气年际变化的信息之一<sup>[2]</sup>。ENSO 信号不仅存在于热带的海面温度、气压、风和云量等要素场中<sup>[3]</sup>, 而且在世界许多地区的大气环流和气候的年际变化中都有较清楚的反映。

影响我国夏季降水异常的因子很多<sup>[4,5]</sup>, 其中包括热带东太平洋海温、西太平洋暖池、欧亚大陆积雪、北极海冰等内外强迫因子。符淙斌<sup>[6]</sup>提出不同类型的 ENSO 事件, 中国汛期旱涝的分布具有不同的形式。黄荣辉<sup>[7]</sup>指出 ENSO 对中国旱涝分布的影响与 ENSO 事件的不同阶段有关。近年来, 不少学者用不同的方法、力图从多个方面对 ENSO 影响中国降水进行了广泛的研究。徐予红、陶诗言<sup>[8]</sup>从灾害性气候过程诊断出发揭示了 ENSO 对中国降水的主要影响。施能、杨永胜等<sup>[9]</sup>研究了我国近百年夏季雨带的演变规律与 ENSO 的关系。金祖辉、陶诗言<sup>[10]</sup>把 Nino 3 区海温的年代际变化分为 3 类,

认为 El Nino 发展年中国夏季降水的特征是雨量偏少的区域大大超过雨量偏多的区域。这些研究建立在年际变化的基础上, 忽略了气候场的年代际背景。

20 世纪, 全球气候系统经历了显著的年代际改变, 最近 100 年来全球平均气温上升了 0.8 °C, 70 年代至今上升了 0.3 °C<sup>[11]</sup>。赤道东太平洋海温在 70 年代后也有显著的上升<sup>[12]</sup>。这种气候和陆地的热力变化必定引起大气环流气候基本态的变化<sup>[13,14]</sup>。由于气候基本态或者背景场的变化会影响到年际气候系统对外强迫的响应, 是否会导致在不同的年代中国夏季降水年际异常规律发生变化, 特别是对中国夏季降水年际异常的年代际改变, 此为本文研究的重点。

## 1 资料和方法

本文所用资料为国家气候中心提供的中国 160 站月平均降水资料(1951 年 1 月至 2000 年 12 月), Hadley 中心提供的 1951 ~ 2000 年逐月全球海表层温度资料, 网格距 1° × 1°(经度 × 纬度)。

为了研究 Nino 3 区海温与中国夏季降水年际尺度的相关关系, 取 Nino 3 区(150° ~ 90° W, - 5° S ~ 5° N)上一年(1950 ~ 1999 年)逐月(1 ~ 12 月)海温和当年(1951 ~ 2000 年)逐月(1 ~ 12 月)海温与中

国东部夏季降水做线性相关分析,参考徐建军等<sup>[15]</sup>的方法对 Nino 3 区海温资料和中国 160 站降水资料进行尺度分离,用原始资料减去 15 年滑动平均,滤去年代际变化的分量,从而得到年际尺度时间序列(长度为 1958~1993 年),以下所有计算结果均为年际尺度上的变化。为了反映年际尺度上的年代际变化,采用滑动相关分析,滑动相关分析计算方法参见文献<sup>[15]</sup>,计算公式为:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{t=t_0-n}^{t=t_0+n} (x(t) - x(t_0))(y(t) - y(t_0))}{1/L \sqrt{\sum_{t=t_0-n}^{t=t_0+n} (x(t) - x(t_0))^2 (y(t) - y(t_0))^2}}$$

其中  $x(t_0) = 1/L \sum_{t=t_0-n}^{t=t_0+n} x(t)$ ,  $L = 2n + 1$  为滑动窗口长度。

## 2 Nino 3 区海温对中国东部夏季降水影响显著的时段

在普查上一年和当年 Nino 3 区逐月海温与中国东部夏季降水的年际相关关系中发现, Nino 3 区海温对中国东部夏季降水影响比较稳定,上一年逐

月海温与当年逐月海温对中国东部夏季降水均存在年际相关关系(图略),其中当年逐月海温与中国东部夏季降水的年际相关关系显著程度明显高于上一年逐月海温,尤其当年夏季 6、7、8 月海温与中国东部夏季降水的年际相关关系更显著。

图 1a 为当年 6 月 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关系数分布,由图可见:正相关显著区域位于长江中下游地区,中心最大相关系数 0.353,达到 0.05 信度标准。负相关显著区域位于河套地区和华北地区,中心最大相关系数 -0.553,达到 0.001 信度标准。

图 1b 为当年 7 月 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关系数分布,由图可见:正相关显著区域位于长江中下游地区,最大相关系数为 0.378,达到 0.05 信度标准。负相关显著区域位于河套附近,最大相关系数为 -0.642,超过 0.001 信度标准。

图 1c 为当年 8 月 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关系数分布,由图可见:正相关显著区域位于长江中下游地区,中心最大相关系数为 0.406,超过 0.02 信度标准。负相关显著区域位于河套地区,中心最大相关系数为 -0.587,超过 0.001 信度标准。

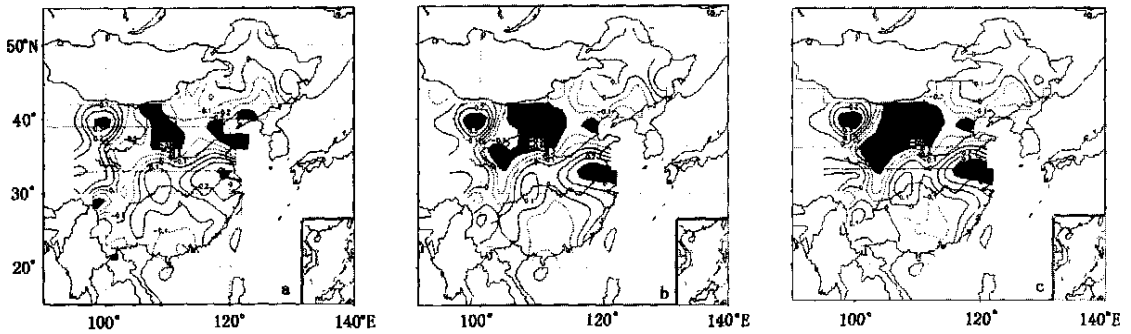


图 1 当年 6 月(a) 7 月(b) 8 月(c) Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际相关 (阴影区通过 95%显著性检验,下同)

为了进一步确定 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关关系的显著时段,对 Nino 3 区当年逐季节海温与中国东部夏季降水进行了年际相关分析(图略),发现当年夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的同期年际相关关系显著,见图 2。

图 2 显示:夏季 Nino 3 区海温与中国东部地区夏季降水年际关系最显著正相关区域在江淮流域和

长江中下游地区,最大相关系数为 0.40,超过 0.02 信度标准。最显著负相关区域在河套地区,最大相关系数为 -0.631,超过 0.001 信度标准。

综合以上分析,当年夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关关系密切,相关显著区域为长江中下游地区和河套地区。

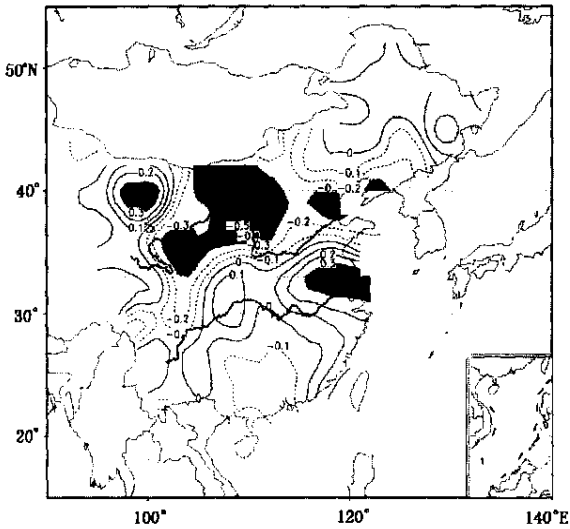


图 2 当年夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关系数分布

### 3 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际关系的改变

根据以上结论,当年 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际相关显著区在长江中下游地区和河套地区,取长江中下游地区有代表意义的指标站(蚌埠、东台、合肥、上海)降水平均值,标准化后作为指标站的年际变化降水指数与 Nino 3 区夏季海温(面积平均)做 15 年滑动相关分析。

图 3 是 Nino 3 区夏季海温与指标站夏季降水 15 年滑动相关分析图,由图可见,Nino 3 区夏季海温与长江中下游地区夏季降水年际关系在整个年代(1958~1993 年)尺度上有明显改变,尤其在 1972

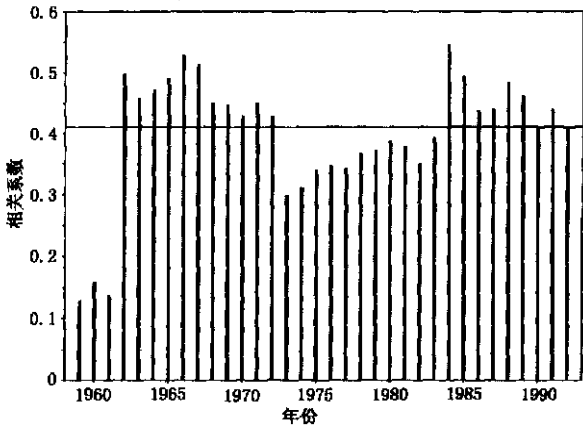


图 3 Nino 3 区夏季海温(面积平均)和长江流域代表站年际变化降水指数 15 年滑动相关系数  
(横线是 0.1 信度的显著检验线)

年前后和 1983 年前后年际相关关系变化非常显著,1972 年以前二者相关关系总体很好,大部分相关系数在 0.42 以上,超过 0.1 信度检验。1972 年以后至 1983 年间,二者相关系数远远小于 1972 年以前,在此期间的相关系数均未通过信度检验;1983 年以后,二者相关关系与 1972 年以前有相似之处,相关系数大部分达 0.42 以上,超过 0.1 信度检验标准。这说明 Nino 3 区夏季海温与中国东部夏季降水的年际关系的改变可分为 3 个阶段。

### 4 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际关系的年代际变化特征

基于上面的分析,可以发现,Nino 3 区夏季海温与中国东部同期夏季降水的年代际发生了显著的调整。1972 年前后 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际关系(正相关关系)由强变弱,1983 年前后正相关关系由弱变强。为了进一步说明夏季 Nino 3 区海温和中国东部夏季降水的年际关系发生了 3 个阶段的变化,分别做了 3 个阶段夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际相关分析图(图 4),用以比较 1972 年前后和 1983 年前后 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际关系的年代际变化特征。

由图 4a 可见:第 1 阶段,ENSO 对中国东部夏季降水的年际影响主要表现在长江中下游地区及东南沿海有一“S”型正相关区,东北大部地区也有一正相关区,其他地区几乎全为负相关区,尤其在河套地区负相关显著。在第 1 阶段,当 Nino 3 区夏季海温升高时,除长江中下游地区和东南沿海一带以及东北大部地区夏季降水在此阶段偏多外,其他地区降水在此阶段偏少,尤其在河套地区干旱明显。我们把第 1 阶段 ENSO 与中国东部夏季降水的年际相关分布型称之为“东西型”。

由图 4b 可见:第 2 阶段 ENSO 与中国东部夏季降水的年际相关分布较第 1 阶段发生了明显变化,为“- + -”的南北分布型。ENSO 与中国东部夏季降水的年际相关没有第 1 阶段显著,正相关区较第 1 阶段明显西扩,江淮流域、长江流域和江南大部地区与 Nino 3 区夏季海温呈正相关;而负相关区域明显减小,仅存在于河套、华北和东北大部地区以及华南、西南部分地区。我们把第 2 阶段 ENSO 与中国东部夏季降水的年际相关分布型称之为“南北型”。

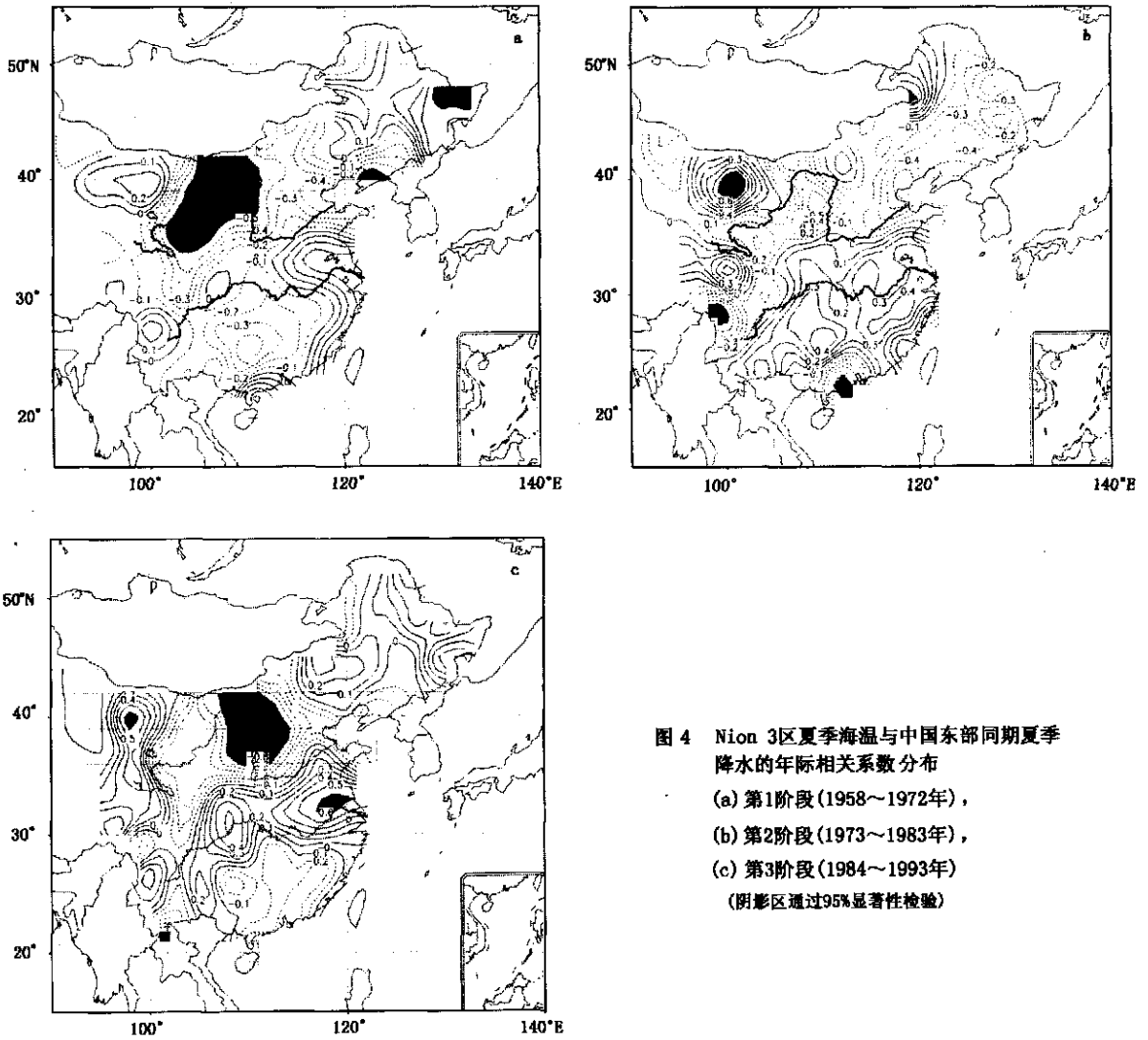


图 4 Nino 3 区夏季海温与中国东部同期夏季降水的年际相关系数分布  
 (a) 第 1 阶段 (1958~1972 年),  
 (b) 第 2 阶段 (1973~1983 年),  
 (c) 第 3 阶段 (1984~1993 年)  
 (阴影区通过 95% 显著性检验)

由图 4c 可见: 第 3 阶段 ENSO 与中国东部地区夏季降水的年际相关型为“ - + - ”型, 也是典型的“南北型”。河套、华北地区有一负相关区, 长江流域和江淮流域有一正相关区, 华南地区有一负相关区, 东北地区有一大范围正相关区。与第 2 阶段比较, 第 3 阶段正相关区明显北移, 相关区域减小。

综上所述, 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际相关主要表现为 3 个阶段的相关型: 第 1 阶段为东西型, 第 2 阶段为南北型, 第 3 阶段也为南北型。

### 5 结论

(1) 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水年际关系同期相关显著, 且相关显著区域在长江中下游地区和河套地区。

(2) 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际关系存在明显的年代际变化, 其变化经历了 3 个阶段。

(3) 夏季 Nino 3 区海温与中国东部夏季降水的年际相关主要表现为 3 个阶段的相关型: 第 1 阶段为“东西型”, 第 2 阶段为“南北型”, 第 3 阶段也为“南北型”, 但与第 2 阶段的南北型在相关区域上存在差异。

### 参考文献

- 1 符淙斌. 厄尔尼诺/南方涛动现象与年际气候变化. 大气科学, 1987, 11(2): 209 - 220
- 2 ENSO 监测小组. 厄尔尼诺的划分标准和指数. 气象, 1989, 15(3): 37 - 38
- 3 叶笃正, 曾庆存. 当代气候研究. 北京: 气象出版社, 1991. 353 - 355

- 4 陈兴芳,赵振国.中国汛期降水预测研究及应用.北京:气象出版社,2000.241
- 5 赵振国.中国夏季旱涝及环境场.北京:气象出版社,1999.297
- 6 符淙斌.厄尔尼诺时期赤道增温的两种类型.科学通报,1985,30(8):596-599
- 7 Huang R H, Wu Y F. The influence of the ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. Japan-US Workshop on El Nino Soudthern Oscillation Phenomenon, Tockyo, Japan, November 1987. 3-7
- 8 徐予红,陶诗言.东亚季风的年际变化与江淮流域梅雨期旱涝.见:黄荣辉主编.灾害性气候的过程及诊断.北京:气象出版社,1996.31-40
- 9 施能,杨永胜,陈辉.我国东部夏季降水百年雨型的多时间尺度变化特征研究.气象科学,2001,21(3):316-325
- 10 金祖辉,陶诗言. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究.大气科学,1999,23(6):663-672
- 11 Ras musson E M, Wallace J M. Meteorological aspect of El Nino/Southern Oscillation. Science, 1983, 222:1195-1202
- 12 龚道溢.气候变暖与我国夏季洪涝灾害风险.自然灾害学报,1999,8(3):30-31
- 13 Wang B. Interdecadal changes in Elnino onset in last four decades. J. Climate, 1995, 8:267-285
- 14 施能,朱乾根.十年际大气环流及东亚季风气候异常成因研究.地球科学进展,1996,13(3):412-413
- 15 徐建军,朱乾根,施能.近百年东亚冬季风与 ENSO 循环的相互关系及其年代际异常.南京气象学院学报,1997,21(6):641-647

## Interdecadal Features of Correlation Between ENSO and Summer Rainfall in East China

You Yong<sup>1,2</sup> Guo Pinwen<sup>1</sup> Liao Yong<sup>1</sup> Zhang Ling<sup>1</sup>

(1 Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;

2 Sichuan Provincial Bureau, Chengdu 610072)

**Abstract:** The features of correlation between SST and summer precipitation in East China and its interannual/interdecadal variation were investigated by using NCEP/NCAR reanalysis SST data and precipitation data provided by the national meteorological center. The main results show that there exists obvious synchronous correlation between SST in the Nino 3 region and annual summer rainfall over East China, and the interannual correlation show apparent features of interdecadal variation. It is found by using running correlation technology that interannual correlation between SST in the Nino 3 region and summer rainfall over East China had abrupt changes, which can be described by three periods: before 1972, 1973 to 1983, and after 1984, corresponding to the precipitation pattern changes: east to west, south to north, and south to north.

**Key words:** ENSO, summer rainfall in East China, interannual relationship, interdecadal variation