彭京备. 2012. 东印度洋海温对中国南方冬季降水的影响 [J]. 气候与环境研究, 17 (3): 327-338, doi: 10.3878/j.issn.1006-9585. 2011.10139. Peng Jingbei. 2012. Influence of the sea surface temperature in the eastern Indian Ocean on the wintertime rainfall in the southern part of China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 17 (3): 327-338.

# 东印度洋海温对中国南方冬季降水的影响

### 彭京备

中国科学院大气物理研究所,北京 100029

摘 要 利用 NCEP 再分析的大气环流资料、海表温度资料和全国 160 站降水资料,研究了冬季东印度洋海 温对我国江南一华南地区同期降水的影响。结果指出,冬季东印度洋海温(Sea Surface Temperature in the Eastern Indian Ocean, EIOSST)和同期的江南一华南降水呈显著的正相关关系。当 EIOSST 偏高时,江南一 华南的冬季降水偏多。而当 EIOSST 偏低时,江南一华南的冬季降水偏少。这种影响的可能机制是:冬季东印 度洋海温异常通过影响南支槽上的扰动活动和水汽输送来影响同期的江南一华南降水。当东印度洋海温偏高 时,局地对流加强,引起南支槽地区的上升运动加强,南支槽活跃。活跃的南支扰动向下游传播,南支槽前的 西南气流将水汽从孟加拉湾向华南和江南输送,引起华南和江南的降水偏多。进一步的分析显示,东印度洋海 温对南支槽和江南一华南的降水的影响独立于 ENSO 的影响。二者对南支槽和江南一华南地区冬季降水的影响 过程一致,只是东印度洋海温的影响较弱。当东印度洋海温和 ENSO 的作用相叠加时,江南一华南可能会出现 较异常的冬季降水。

关键词 东印度洋海温 江南一华南冬季降水 南支槽
文章编号 1006 - 9585 (2012) 03 - 0327 - 12 中图分类号 P466 文献标识码 A doi:10.3878/j.issn.1006 - 9585.2011.10139

### Influence of the Sea Surface Temperature in the Eastern Indian Ocean on the Wintertime Rainfall in the Southern Part of China

#### PENG Jingbei

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

**Abstract** The influence of the sea surface temperature in the Eastern Indian Ocean (EIOSST) in winter on the synchronous rainfall in the southern part of China was studied by using the NCEP reanalysis monthly data, sea surface temperature data, and the Chinese monthly precipitation data at 160 stations. It shows that EIOSST is closely connected with the precipitation in the southern part of China. As EIOSST in wintertime was warmer than usual, there would be more precipitation in the southern part of China. EIOSST affected the rainfall in the southern part of China by the perturbation in the area of the southern branch trough and moisture transportation. As the eastern Indian Ocean was warmer than usual, the local convection and ascending motion enhanced. Thus, the perturbation in the area of the southern branch trough perturbation moved eastward, the water vapor

**收稿日期** 2010-10-27 收到, 2012-03-12 收到修定稿

**资助项目** 自然科学基金面上项目 40775037,国家科技支撑计划课题 2009BAC51B02,国家重点基础研究发展计划课题 2009CB421401 作者简介 彭京备,女,1970年出生,博士,高级工程师,主要从事天气气候诊断分析和短期气候预测。

E-mail: pengjingbei@mail. iap. ac. cn

transport from the Bay of Bengal to the southern part of China strengthened, leading to more precipitation in that area. Further analysis shows that the influence of EIOSST on the southern branch trough and the precipitation in the southern part of China was consistent with ENSO, but it was weaker and was independent of ENSO. If the effects of EIOSST and ENSO were consistent in one year, there would be a distinctly anomalous precipitation in the southern part of China.

Key words

sea surface temperature in the eastern Indian Ocean, wintertime precipitation in the southern part of China, southern branch trough

### 1 引言

在我国南方地区,冬季降水异常偏多可造成 冬汛。降水异常偏少则可导致干旱,影响冬季乃 至次年春季的农业生产。许多研究表明,我国南 方冬季的降水与 ENSO 事件的关系密切。何溪澄 等(2006)分析了1997/1998年和1998/1999年 冬季中国南方典型多雨年和少雨年的海温和环流, 认为多雨年与 ENSO 事件的暖期相联系,少雨年 与 ENSO 事件的冷期相联系。但进入 21 世纪以 来, ENSO事件的强度一直不强。在 2007/2008 年冬季,赤道太平洋地区出现了中等强度的 La Niña事件,我国南方地区出现了 50 年一遇的大 范围冰冻雨雪灾害。数值模拟表明,在2008年1 月的我国南方地区大范围降水过程中,太平洋以 外的北大西洋和黑潮区的海温起了很重要的作用 (刘少锋等,2008; 宗海锋等,2008)。

印度洋位于我国南方上游地区。那里的海温 变化可引起局地 Walker 环流的改变,进而影响印 度洋周边的气候(罗绍华等, 1985; Latif et al., 1999)。当西印度洋海温偏低时,印度洋 Walker 环流发展,西南季风偏强,南海热带辐合带活跃, 经向 Hadley 环流发展,造成西太平洋副热带高压 脊加强并西伸,由此可形成较强的南海夏季风和 长江中下游梅雨期的多雨(陈烈庭, 1991; 李崇 银和穆明权, 2001)。Zhang (2001)的研究发现 印度洋上的对流加热异常对印度季风区和东亚季 风区的水汽输送有重要影响,季风区的水汽输送 与我国夏季降水有密切的联系。但是印度洋海温 对气候的影响较为复杂。谭言科等(2003)发现 当印度洋海温处于整体偏暖时,热带印度洋上的 异常风场很弱;当印度洋处于东印度洋偏暖、西

印度洋偏冷时,印度洋上低层为很强的东风距平, 高层为西风距平。晏红明和李崇银(2007)认为 在不同的西太平洋海温背景下,印度洋海温对中 国夏季降水的影响不同。

从冬、夏季的东印度洋地区海温标准差分布 (图 1) 可以看出, 东印度洋地区海温在冬季的变 化幅度与夏季相当。过去对印度洋海温与我国降 水影响的研究多集中在夏季。本文将讨论冬季印 度洋海温对我国同期降水的影响。

#### 2 资料和方法

本文所使用的大气资料为 NCEP/NCAR 月平 均再分析资料。资料包括位势高度、水平风场、 比湿和垂直速度场 (Kalnay et al., 1996)。资料 的水平分辨率为 2.5°(纬度) × 2.5°(经度)。其 中高度场、风场、垂直速度场的垂直分辨率为12 层 (1000、925、850、700、600、500、400、 300、250、200、150、100 hPa);水汽资料为8 层(1000、925、850、700、600、500、400、300 hPa)。NOAA 提供的月平均对外长波辐射(Outgoing Longwave Radiation, OLR) 资料的水平分 辦率为 2.5°(纬度) × 2.5°(经度)。海温资料为 美国气候资料中心提供的月平均海表温度距平 (Sea Surface Temperature Anomaly, SSTA) 2.0 版,水平分辨率为5°(纬度)×5°(经度)(Kaplan et al., 1998)。降水资料为国家气候中心提供 的 160 站月平均降水资料。所有的资料时间均为 1980~2009年。

研究时间为 1980/1981~2008/2009 年冬季 (12月至次年2月)。气候平均为1980/1981~ 2008/2009年冬季。

主要分析方法为相关分析和合成分析。如无

特别说明,所有的合成分析都是针对超过±1个 标准差进行的。分析结果的检验为 t 检验(魏凤 英,1999)。

#### 3 东印度洋海温对中国冬季降水的 影响

洗取 (15°S~10°N, 75°E ~100°E) 范围 (图 1 中的方框)内的平均 SSTA 来表示热带东印 度洋海温 (Sea Surface Temperature in Eastern Indian Ocean, 以下简称 EIOSST)。这个区域范 围与晏红明和李崇银(2007)选的印度洋偶极子

东半部的范围相近。从图 2 可以看出, 该地区的 海温有很明显的年际变化,这种变化势必对其周 边的天气发生影响。为此我们考察了它与我国降 水的相关。

从图 3 可以看出,江南至华南的大部分地区 为显著的正相关。最大正相关中心在浙江、江西 和福建等地。这说明,在冬季,当 EIOSST 偏高 时,我国东南部的大片地区降水会显著偏多。取 该高相关区的 29 个测站平均冬季降水作为江南一 华南地区冬季平均降水,给出它们的年际变化 (见图 2 中实线)。

为了进一步说明我国南方地区冬季降水和印



(a) 冬季和(b) 夏季印度洋海温的标准差(阴影为≥0.3°C的地区,方框为热带东印度洋区域) 图 1

Fig. 1 The standard deviations of the sea surface temperature in the Indian Ocean in (a) winter and (b) summer (the standard deviations in the shaded areas are greater than 0.3 °C and the rectangles denote the eastern Indian Ocean)



图 2 1980/1981~2008/2009 年冬季标准化的 EIOSST (直方图)、我国江南一华南地区降水(实线)和南支槽活动指数(虚线)的 变化

The variations of standardized EIOSST (Sea Surface Temperature in the eastern Indian Ocean, histogram), the rainfall in the Fig. 2 southern part of China (solid line), and the strength index of the southern branch trough (dashed line) in winter from 1980/1981 to 2008/ 2009



图 3 1980/1981~2008/2009 年冬季 EIOSST 与同期中国降水的相关系数分布(阴影表示通过 90%信度检验,圆点为所选的江南一华 南地区的台站)

Fig. 3 Distribution of the correlation coefficients between EIOSST in wintertime and the synchronous rainfall in China from 1980/1981 to 2008/2009 (the shaded areas are above the 90% confidence level and the spots stand for the selected stations in the southern part of China)



图 4 同图 3, 但为热带 SSTA 与同期中国南方降水的相关系数

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for the correlation coefficients between the tropical SSTA (Sea Surface Temperature Anomaly) and the synchronous rainfall in the southern part of China

度洋海温的关系,我们还计算我国东南地区冬季 降水与同期印度洋海温的相关(图4)。赤道东太 平洋和中东印度洋的冬季海温都和我国南方地区 降水呈显著相关关系,且相关系数相近。我们选 取的东印度洋海域位于中东印度洋高相关区的东 部,包括了大部分东印度洋的高相关区。

对比江南一华南地区平均冬季降水和 EIOSST的时间序列(图2)可以看出,二者的变 化较一致。当EIOSST偏高时,江南一华南地区 的冬季降水偏多,反之亦然。二者的相关系数为 0.48,通过99%的信度检验。此外,1980~2008 年,共有5次冬季EIOSST超过1个标准差,其 中有3次江南一华南冬季降水偏多。而对4次冬 季EIOSST小于-1个标准差的年,有2年是江 南一华南冬季降水偏少。

从以上分析可见,冬季 EIOSST 与同期我国 江南一华南地区的降水有较好的正相关关系。当 冬季 EIOSST 偏高时,江南一华南地区降水偏多; EIOSST 偏低时,江南一华南地区降水偏少。由 此可见,赤道东印度洋地区的冬季海温对我国南 部的降水有明显的影响。

### 4 影响江南一华南冬季降水的物理 过程

#### 4.1 冬季江南一华南降水与南支槽的活动

冬季,低层西风在青藏高原西端分裂成南北 两支。南支气流近似沿着青藏高原南边缘流过。 在高原地形的作用下,南支气流呈气旋式弯曲, 形成冬季半永久性活动低压槽,称为南支槽 (Yeh,1950)。南支气流上多小槽脊活动,这些 东移的小槽为江南一华南地区的降水提供水汽和 扰动,是冬半年影响东亚的主要天气系统之一 (索渺清和丁一汇,2009)。

从图 5a 可以看出,在 30°N 以南的我国大陆 地区,皆为负相关区,这正是冬季南支急流活动 的位置。说明当南方地区降水偏多时,南支急流 位置的高度场偏低,多低值系统的活动。700 hPa 的情况也是一致的,也为通过 90%信度的负相关 区(图 5b)。用 700 hPa 上经向风纬向偏差的平方 代表扰动活动的强度,来看它与江南一华南降水 的关系(图 6):在南方沿海的大片地区均为正相 关区。这说明该地区的强扰动与南部降水的增多 有密切的关系。降水与 700 hPa 涡度场的相关 (图 7)显示,在大致 35°N 以南、120°E 以西地区 皆为正相关区,最大值出现在雨区及其以西的位 置。这说明当江南一华南降水偏多时,在这个纬 度带上的低涡活动比较频繁,与图 5、图 6 中所 表现的特征是完全一致的。

由以上的分析可以这样归纳:南支急流及其 上的扰动,如南支槽的活跃程度是南方冬季降水 的重要因素。

### 4.2 冬季江南一华南降水与水汽输送

南支槽的活动给降水造成了很有利的动力条 件。水汽的供应应该是另一个重要的因素。

图 8a 是江南一华南降水与整层积分的水汽通



图 5 江南一华南地区冬季降水和同期(a) 500 hPa、(b) 700 hPa 高度场相关系数(阴影表示通过 90%信度检验,实线和虚线分别表示正相关和负相关)

Fig. 5 Correlation coefficients between wintertime rainfall in the southern part of China and the synchronous (a) 500-hPa and (b) 700-hPa geopotential height (the shaded areas are above the 90% confidence level; the solid lines and dashed lines denote positive and negative values, respectively)



图 6 同图 5,但为 700 hPa 扰动场 Fig. 6 Same as Fig. 5, but for 700-hPa perturbation



图 7 同图 5, 但为 700 hPa 涡度场 Fig. 7 Same as Fig. 5, but for the 700-hPa vorticity

量的相关。有一个大的正相关区与南支急流的走向非常一致。这说明南支急流在冬季江南一华南降水中的关键作用。从气流的走向看,江南一华南降水的水汽来自孟加拉湾。从江南一华南降水与水汽辐合的相关看出,辐合带(负值区)从孟加拉湾一直伸到南方的降水地区(图 8b)。这些都说明,冬季江南一华南降水的主要水汽通道来自孟加拉湾及其以南地区。

从这节的分析看出,影响江南一华南地区冬季降水的主要系统包括南支急流上的扰动活动和 来自孟加拉湾及其以南地区的水汽输送。当南支 扰动活跃,水汽从孟加拉湾及其以南地区输送至 江南一华南地区,并在那里辐合时,我国南方地 区的冬季降水偏多。

## 5 东印度洋海温影响江南一华南冬 季降水的可能过程

#### 5.1 平均场上南支槽的活动特点

我们先从南支槽的气候状态出发,研究它与 南部扰动场的关系。

气候平均上南支槽在 700 hPa 最明显(索渺 清和丁一汇,2009)。多年平均冬季的 700 hPa 位 势高度场和流场(图略)显示平均南支槽位于孟 加拉湾东北和中南半岛北部至青藏高原南侧地区 (20°N~25°N,90°E~100°E)。这个范围与索渺清 和丁一汇(2009)定义的南支槽位置基本一致。 他们使用这个范围内区域平均的 700 hPa 位势高



图 8 同图 5,但为 (a)从地面到 300 hPa 水汽通量的垂直积分、(b)水汽通量散度 Fig. 8 Same as Fig. 5, but for (a) the vertically integrated moisture flux from surface to 300 hPa and (b) the divergence of moisture flux

度来表示南支槽的活动。但南支槽活跃期,不仅 多小槽活动,也有小脊活动,使用区域平均的位 势高度定义南支槽可能减弱南支槽活动的信号。 这里用 700 hPa 经向风纬向偏差的平方来表示扰 动活动的情况,用上述地区平均的扰动活动来定 义南支槽活动指数。

计算南支槽活动指数(见图 2) 与 700 hPa上 扰动(图 9a)和涡度场(图 9b)的相关。可以看 到在 80°E 以东的江南地区,有一大片正相关区, 说明当气候平均区的南支槽加强时,整个南支急 流上的扰动将会加强。涡度场上也有明显的表现。 在该纬度带上为一大片正涡度区。说明南支急流 上扰动的活跃与其平均位置上槽的强度有密切的 关系。

#### 5.2 海温对南支槽的影响

下面再来研究南支槽的强度与我们选定的东 印度洋海区海温的关系。对比南支槽活动指数与 EIOSST(图2所示)可以看出,南支槽活动指 数也有明显的年际变化。粗略地看,它的走向与 所选海区海温曲线的走向比较一致。它们之间的 相关系数为 0.36,通过 95% 的信度检验。即, 当 EIOSST 偏高时,南支槽活动偏强;反之, EIOSST 偏低时,南支槽活动偏弱。这表明冬季 南支槽的强度很大程度上受到该海区海温的 影响。

以±1个标准差作为强弱 EIOSST 的标准, 这样定义的强 EIOSST 年有: 1982/1983 年、 1987/1988 年、1997/1998 年、2001/2002 年和 2002/2003 年,弱 EIOSST 年有: 1980/1981 年、 1992/1993 年、1995/1996 年和 1996/1997 年。对 强弱 EIOSST 时期 700 hPa 扰动活动进行合成。

图 10a 是强弱 EIOSST 年合成的 700 hPa 扰 动活动之差,可以很清楚地看到,从孟加拉湾东 部、中南半岛到中国南海和华南地区有一纬向的 扰动活动正距平带。华南处于扰动活跃区的北部。 这里扰动活动强度的增加有利于华南地区冬季降



图 9 南支槽活动指数与 700 hPa (a) 扰动场和 (b) 涡度场的相关系数 (阴影通过 90%信度检验) Fig. 9 Correlation coefficients between the index of the activity of the southern branch trough in winter and 700-hPa (a) perturbation, (b) vorticity (the shaded areas are above the 90% confidence level)

水偏多,相关图上的表现更为清楚(图 10b)。正 相关区正位于所讨论的降雨带地区,说明当海温 偏强时,这条扰动活跃带就活跃,有利于降水的 形成,而海温偏低时则相反。海温的异常不仅加 强了我国南方地区的天气扰动,也有利于水汽向 上述地区的输送。下面就来看一下它与水汽输送 的关系。

#### 5.3 海温与水汽输送的关系

先来看强弱 EIOSST 年时合成的水汽通量的 整层积分差(图 11a)。沿着扰动活跃带的南侧有 西南气流将水汽从孟加拉湾东部经中南半岛向中 国南海、华南和江南等地输送。可以看出,图 11a 和 11b 非常相似,孟加拉湾、中南半岛、南海、 西太平洋和我国南方地区盛行西南气流。从孟加 拉湾输送来的水汽在我国南方地区辐合。

因此可以说,在冬季 EIOSST 偏高年,南支 槽活跃,孟加拉湾一华南地区的扰动活动加剧, 有利于水汽向华南和江南的输送及该地区天气扰 动活动的增加,也就有利于冬季降水的增强。

图 12 是强弱 EIOSST 年合成的沿 15°N ~25°N 的纬向垂直环流之差。可以看出,在副热带东印度洋地区(70°E ~90°E)附近,受到暖海温的作用,出现了一致的上升气流,即这里的对流偏强。 在孟加拉湾东部一中南半岛西部地区(90°E 附近),对流层低层出现了浅薄的下沉气流,形成一个小的纬向环流圈。但 700~300 hPa 的对流层,从东印度洋到中国东部沿海(130°E 附近)为一致的上升气流。OLR 的合成场上可以清楚地看出 在 EIOSST 偏高年,东印度洋和华南地区有 OLR 的负距平,即这两个地区的对流偏强(图 12b)。即在 EIOSST 偏高年,东印度洋地区对流加强,引起南支槽地区的上升运动加强。当加强的南支 扰动向下游传播,引起华南地区的扰动活动增加和水汽向华南一江南地区输送的加强。



图 10 (a) 暖、冷 EIOSST 年合成的标准化的 700 hPa 扰动活动之差,(b) EIOSST 与 700 hPa 扰动的相关系数。阴影表示通过 90% 信度检验

Fig. 10 (a) The difference in composite standardized perturbation at 700 hPa between the warm and cold EIOSST winters and (b) correlation coefficients between EIOSST in winter and the synchronous perturbation at 700 hPa. The shaded areas are above the 90% confidence level

从上面的分析可以看出, EIOSST 影响我国 南方冬季降水的可能机制是:当 EIOSST 偏高时, 局地对流加强,引起南支槽地区的上升运动加强, 即表现为南支槽活跃。活跃的南支扰动向下游传 播,南支槽前的西南气流将水汽从孟加拉湾向华 南和江南输送,引起华南和江南的降水偏多。何 溪澄等(2006)所分析的 1997/1998 年冬季的个 例与上述结论是相似的。

### 6 东印度洋海温对中国南方冬季降 水影响中的 ENSO 信号

印度洋海温与赤道东太平洋的 ENSO 事件有 着密切的联系(晏红明和李崇银,2007)。在上面 讨论的印度洋海温显著偏高年中的 1982/1983 年、 1987/1988年、1997/1998年和2002/2003年,赤 道太平洋地区都发生了 El Niño 事件。那么 EIOSST 对中国南方冬季降水的影响是否实质上 是 ENSO 事件对中国南方冬季降水的影响?

普查所有 EIOSST 偏高且华南一江南降水偏 多的个例(共7个),其中对应 El Niño 事件的有 5次。所有 EIOSST 偏低且华南一江南降水偏少 的个例(共12个),其中对应 La Niña 事件的只 有3次。可以看出,中国南方冬季降水既受 EN-SO 信号的影响,也受到 EIOSST 的独立影响。

下面就来看看去掉 ENSO 信号后, EIOSST 对中国南方冬季降水的影响。选择 EIOSST 超过 ±0.5个标准差且不是 El Niño 或 La Niña 的年, 对 700 hPa 扰动活动和整层积分的水汽输送进行 合成。



图 11 (a) 暖、冷 EIOSST 年合成的从地面到 300 hPa 标准化整层积分的水汽输送之差,(b) EIOSST 与 700 hPa 水汽通量的相关系数。阴影通过 90%信度检验

Fig. 11 (a) The difference in composite standardized vertically integrated moisture transport from surface to 300 hPa between the warm and cold EIOSST winters and (b) correlation coefficient between EIOSST in winter and the vapor flux at 700 hPa. The shaded areas are above the 90% confidence level

图 13 是去掉 ENSO 信号后的强弱 EIOSST 对 应的扰动活动和水汽输送合成之差。可以看出, 去掉 ENSO 信号后,从孟加拉湾、经中南半岛到 华南的扰动活动正距平中心依然存在,仍然有西 南气流将水汽从海洋大陆输送到江南一华南地区。 但不论是扰动活动带还是西南气流对水汽输送的 系统性和强度都要比带 ENSO 信号情况时弱。

因此, EIOSST 对南支槽和江南一华南的降 水有独立的影响。当 EIOSST 偏高时,南支槽相 对活跃,西南气流将水汽从海洋大陆输送到江南 一华南,导致江南一华南的冬季降水偏多。这个 影响过程与 ENSO 对大气和我国江南一华南降水 的影响过程一致。当二者叠加时,可能会产生江 南一华南地区较强的冬季降水,如 1997 年(何溪 澄等,2006)。

### 7 结论和讨论

本文分析了 1980~2008 年冬季 EIOSST 对同 期的江南一华南地区降水的影响,主要结论有:

(1) 冬季 EIOSST 和同期的江南一华南降水 呈显著的正相关关系。当 EIOSST 偏高时,江南 一华南的冬季降水偏多。当 EIOSST 偏低时,江 南一华南的冬季降水偏少。

(2)东印度洋海温异常与南支槽和其上扰动的强弱有密切的关系,当海温偏高时,南支槽上扰动就活跃,造成有利于降水的动力条件。而海温的升高,则有助于水汽的由南向北的输送。

(3) EIOSST 影响我国南方冬季降水的可能 机制是:当 EIOSST 偏高时,局地对流加强,引



图 12 暖、冷 EIOSST 年合成的 (a) 15°N ~25°N 的纬向垂直环流之差、(b) 标准化 OLR 场之差 Fig. 12 (a) The difference of the composite longitude – altitude cross sections for vertical circulation from 15°N to 25 °N and (b) the difference of the composite standardized outgoing longwave radiation (OLR) between winters in the warm and cold EIOSST years



图 13 非 ENSO 年暖、冷 EIOSST 的标准化的 700 hPa 扰动活动(等值线)和整层积分的水汽输送(矢量)合成之差(阴影部分大于 0.2)

Fig. 13 The difference of composite standardized perturbation at 700 hPa (contour) and vertically integrated moisture transport from surface to 300 hPa (vector) between winters in the warm and cold EIOSST years without ENSO signal (shadings are more than 0.2)

起南支槽地区的上升运动加强,南支槽活跃。活 跃的南支扰动向下游传播,南支槽前的西南气流 将水汽从孟加拉湾向华南和江南输送,引起华南 和江南的降水偏多。 (4) 去掉 ENSO 信号的结果表明, EIOSST 对南支槽和江南一华南的降水有独立的影响。其 影响过程和上面分析的一致,即 EIOSST 通过影 响南支槽,进而影响到华南地区上空的扰动活动

337

和向江南一华南地区输送水汽的西南气流。与包含 ENSO 信号的结果比较, EIOSST 对南支槽和 江南一华南降水的影响较弱。当 EIOSST 和 EN-SO 的作用相叠加时, 江南一华南可能会出现较强 的冬季降水。

这些工作只是诊断分析和统计分析的结果, EIOSST 对南支槽、江南一华南地区降水的影响 过程需要数值试验结果的验证。

此外,从上面的结果可以看出冬季 EIOSST 与 中国南方的降水有很好的对应关系,冬季 EIOSST 能够解释 10%~25%左右的中国南方冬季降水变 化。而海温的变化相对缓慢。前期秋季的 EIOSST 和冬季 EIOSST 的相关为 0.52,超过 99%的信度 检验。如果把研究时段扩展到 1951~2008 年,则 前期秋季的 EIOSST 和冬季 EIOSST 的相关为 0.71,二者具有很好的一致性。下一步的工作将 利用前期秋季的 EIOSST 作为跨季度的短期气候 预测指标建立预测模型来预测中国南方冬季降水。

**致谢** 感谢中国科学院大气物理研究所孙淑清研究员对 本文提出了建设性意见。

#### 参考文献 (References)

- 陈烈庭. 1991. 阿拉伯海 南海海温距平纬向差异对长江中下游 降水的影响 [J]. 大气科学, 15 (1): 33 – 42. Chen Lieting. 1991. Effect of zonal difference of sea surface temperature anomalies in the Arabian Sea and the South China Sea on summer rainfall over the Yangtze River [J]. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese), 15 (1): 33 – 42.
- 何溪澄,丁一汇,何金海,等. 2006. 中国南方地区冬季风降水异 常的分析 [J]. 气象学报,64 (5):594-604. He Xicheng, Ding Yihui, He Jinhai, et al. 2006. An analysis on anomalous precipitation in southern China during winter monsoons [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 64 (5):594-604.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/ NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77: 437-471.
- Kaplan A, Cane M, Kushnir Y, et al. 1998. Analyses of global sea surface temperature 1856 - 1991 [J]. J. Geophys. Res., 103 (C9): 18567 - 18589.
- Latif M, Dommenget D, Dima M, et al. 1999. The role of Indian Ocean sea surface temperature in forcing east African rainfall anomalies during December – January 1997/98 [J]. J. Climate, 12 (12): 3497 – 3504.

李崇银,穆明权. 2001. 赤道印度洋海温偶极子型振荡及其气候影

响 [J]. 大气科学, 25 (4): 433 - 443. Li Chongyin, Mu Mingquan. 2001. The dipole in the Equatorial Indian Ocean and its impacts on climate [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 25 (4): 433-443.

- 刘少锋,陈红,林朝晖. 2008. 海温异常对 2008 年 1 月中国气候异 常影响的数值模拟 [J]. 气候与环境研究,13 (4): 500 - 509. Liu Shaofeng, Chen Hong, Lin Zhaohui. 2008. Numerical simulation of the impact of sea surface temperature anomalies on the climate anomalies over China in January 2008 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 13 (4): 500-509.
- 罗绍华,金祖辉,陈烈庭. 1985. 印度洋和南海海温与长江中下游 夏季降水的相关分析 [J]. 大气科学,9 (3): 314-320. Luo Shaohua, Jin Zuhui, Chen Lieting. 1985. The analysis of correlation between sea surface temperature in the Indian South - China Sea and precipitation in the middle and lower reaches of the Changjiang River [J]. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese),9 (3): 314-320.
- 索渺清,丁一汇. 2009. 冬半年副热带南支西风槽结构和演变特征 研究 [J]. 大气科学, 33 (3): 425 - 442. Suo Miaoqing, Ding Yihui. 2009. The structures and evolutions of the wintertime southern branch trough in the subtropical westerlies [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 33 (3): 425 - 442.
- 谭言科,张人禾,何金海. 2003. 热带印度洋海温的年际异常及其 海气耦合特征 [J]. 大气科学, 27 (1): 53 - 66. Tan Yanke, Zhang Renhe, He Jinhai. 2003. Features of the interannual variation of sea surface temperature anomalies and the air - sea interaction in tropical Indian Ocean [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 27 (1): 53 - 66.
- 魏凤英. 1999. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 气象出版社, 32-33. Wei Fengying. 2007. Modern Climatic Statistical Diagnosis and Forecasting Technology (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 32-33.
- 晏红明,李崇银. 2007. 赤道印度洋纬向海温梯度模及其气候影响 [J]. 大气科学, 31 (1): 64 – 76. Yan Hongming, Li Chongyin. 2007. A study of the sea surface temperature zonal gradient mode in the equatorial Indian Ocean and its influence on climate [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (1): 64 – 76.
- Yeh T C. 1950. The circulation of the high troposphere over China in the winter of 1945 46 [J]. Tellus, 2: 173 183.
- Zhang Renhe. 2001. Relations of water vapor transport from Indian monsoon with that over east Asia and the summer rainfall in China [J]. Advances in Atmopheric Sciences, 18 (5): 1005–1017.
- 宗海锋,张庆云,布和朝鲁,等. 2008. 黑潮和北大西洋海温异常 在 2008 年 1 月我国南方雪灾中的可能作用的数值模拟 [J]. 气 候与环境研究, 13 (4): 491 – 499. Zong Haifeng, Zhang Qingyun, Beuh Cholaw, et al. 2008. Numerical simulation of possible impacts of Kuroshio and north Atlantic sea surface temperature anormalies on the south China snow disaster in January 2008 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 13 (4): 491-499.