Transactions of A mospheric Sciences

#### 郭品文,杨丽萍,唐碧.热带东印度洋海表温度持续性的秋季障碍[J].大气科学学报,2010,33(1):1-6.

Guo Pin-wen, Yang Liping, Tang bi Fall barrier of SST persistency in the tropical eastern Indian Ocean [J]. Trans A tros Sci, 2010, 33 (1): 1-6.

# 热带东印度洋海表温度持续性的秋季障碍

### 郭品文<sup>1</sup>,杨丽萍<sup>1,2</sup>,唐碧<sup>1,3</sup>

(1.南京信息工程大学 大气科学学院,江苏南京 210044;2.杭州市气象局,浙江杭州 315000; 3.中国气象局 上海台风研究所,上海 200030)

摘要:利用全球海表海温资料 (GISST)和 NCEP/NCAR 再分析风场、海平面气压场资料,研究了热带东印度洋海表温度持续性的季节差异,发现东印度洋海温持续性存在"秋季障碍 现象。进一步分析了东印度洋"秋季障碍 后冬季海温与中东太平洋海温、海平面气压及 850 hPa风场的关系,并讨论了热带印度洋—太平洋地区海气系统的季节变化与东印度洋"秋季障碍 的关系,结果表明,秋季热带印度洋—太平洋地区海气系统由以印度洋季风环流为主导转向以太平洋海气系统为主导,太平洋海气系统处于急剧加强期,增强的太平洋海气系统对东印度洋海温持续性"秋季障碍 "起着重要的作用。

关键词:东印度洋海温;秋季障碍;太平洋海气系统 中图分类号: P732 文献标识码: A 文章编号: 1674-7097(2010)01-0001-06

## Fall Barrier of SST Persistency in the Tropical Eastern Indian Ocean

GUO Pin-wen<sup>1</sup>, YANG Li-ping<sup>1,2</sup>, TANG B $i^{1,3}$ 

School of Atmospheric Sciences, NU IST, Nanjing 210044, China;
 Hangzhou Meteorological Bureau, Hangzhou 315000, China;
 Shanghai Typhoon Institute, China Meteorological Administration, Shanghai 200030, China)

Abstract: Seasonal differences in the SST persistency in the tropical eastern Indian Ocean have been studied using the monthly mean SST data of the GISST dataset and the NCEP/NCAR reanalysis wind and sea surface pressure data Results indicate that the "fall barrier" of SST persistency existed in the eastern Indian Ocean By analyzing the lead-lag correlations of the SSTA of the winter Indian Ocean with the SS-TA, sea surface pressure and 850 hPa winds over the central-east Pacific Ocean, and by investigating seasonal differences of the Walker circulation over the tropical Pacific Ocean and the monsoon circulation over the tropical Indian Ocean, the results suggest that in autumn, the domination of the Indian Ocean monsoon system in the ocean-atmosphere system, and the rapid enhanced Pacific ocean-atmosphere system played an important role in the "fall barrier" of the SST persistency in the eastern Indian Ocean Key words: SST of eastern Indian Ocean; fall barrier, Pacific ocean-atmosphere system

0 引言

热带海洋是全球主要能量和水汽源地,海表温

度的变化是热带海气相互作用的重要指标,国内外 学者对热带海表温度的研究已取得一系列的成果。 关于热带印度洋海温的研究,Webster等<sup>[1]</sup>、Saji

收稿日期: 2008-05-20;改回日期: 2009-04-05

作者简介:郭品文(1962—),男,江苏苏州人,博士,教授,博士生导师,研究方向为短期气候预测,guo@nuist edu cn

基金项目:江苏省气象灾害重点实验室开放课题

等[2]指出赤道印度洋存在偶极子现象,并阐述了这 个偶极子对印度洋周边地区气候异常的影响。谭言 科和杜振彩<sup>[3]</sup>研究表明,热带印度洋海温异常主要 存在全海盆符号一致的单极和东、西部符号相反的 偶极。晏红明等<sup>[4]</sup>研究得到,印度洋海表温度的空 间分布主要表现为三种定常类型:全区一致型、东西 差异型、南北差异型。周顺武等<sup>[5]</sup>研究得到印度洋 海温的第二特征场在春季表现为南北海温反相变 化,在夏季表现为东西符号相反。此外,周天军 等<sup>[67]</sup>认为热带印度洋 SST的变化是对东太平洋 SST强迫的一种遥响应。晏红明等<sup>[8]</sup>研究指出印度 洋地区的海温变化是 ENSO循环的重要组成部分。 殷永红等<sup>[9]</sup>认为太平洋 ENSO通过大气部分的响应 来影响印度洋 SSTA。马丽萍等<sup>[10]</sup>研究得到热带印 度洋地区除了 ENSO 过程,还应存在另一重要海气 相互作用过程。王桂臣和管兆勇[11]研究表明,印度 洋海气耦合的主要部分为印度洋海温对 ENSO信号 滞后响应的第一模态,以及 ENSO和 DD 混合的第 二模态。张福颖等[12]研究得到印度洋偶极子在一 定程度上影响 ElNino的发生,而 ElNino的发生、发 展会影响印度洋单极子的发生。吴国雄和孟 文<sup>[13-14]</sup>研究表明,热带西印度洋 SSTA 与热带东太 平洋 SSTA正相关,这种正相关是由沿赤道印度洋 上空的纬向季风环流和太平洋上空的 Walker环流 之间显著的齿轮式 (GIP)耦合造成的。

同时,Webster和 Yang<sup>[15]</sup>研究发现中东太平洋 海温的持续性在春季明显减弱, ENSO系统的持续 性及其预测存在"春季障碍",并提出季风与 ENSO 选择性相互作用原理:春季,太平洋海气系统很弱而 印度洋上季风系统发展增强,热带印度洋-太平洋 地区海气系统由以太平洋系统为主导转向以印度洋 季风环流为主导,急剧增强的印度洋季风系统的作 用、导致中东太平洋海温的持续性明显下降。此外、 已有研究表明,印度洋季风系统在季节性演变中,冬 季较弱,春季是其急剧发展期,秋季季风系统减弱衰 退<sup>[16]</sup>;而太平洋海气系统,春季强度最弱,秋季是其 急剧发展期,冬季强度最强<sup>[17]</sup>。那么,在秋季,当太 平洋海气系统急剧增强而印度洋上季风系统减 弱<sup>[16-17]</sup>时,印度洋海温持续性是否会出现类似中东 太平洋海温持续性下降的现象?这是本文研究的主 要问题。

1 资料说明

采用英国气象局 Hadley 气候预测研究中心

1938—2002年的月平均全球海表温度资料(GIS-ST)<sup>[18]</sup>,格距为 1°×1°,1948—2002年 NCEP/NCAR 再分析月平均风场和海平面气压场资料<sup>[19]</sup>,格距为 2.5°×2.5°

2 东印度洋 SSTA 持续性的季节差异

以 1月代表冬季 (12月 —次年 2月),4月代表 春季 (3—5月),7月代表夏季 (6—8月),10月代表 秋季 (9—11月)。为了研究东印度洋 (90~110 °E, 5 °S ~ 5 N)海温的持续性,计算了东印度洋各月海 温与随后月份海温的自相关 (图 1)。图 1中每条曲 线上方的数字表示开始进行自相关计算的月份,由 图 1可见,在秋季以前,东印度洋海温的自相关系数 几乎都大于 0.5,海温具有很好的持续性,但在秋季 以后,自相关系数都显著减小,东印度洋海温的自相 关,自相关系数都显著减小,东印度洋海温的自相 关,自相关系数都显著减小,东印度洋海温的自相 关,自相关系数都会在秋季发生大幅减小,意味着东 印度洋海温的持续性在秋季显著减弱,即东印度洋 海温持续性存在"秋季障碍",那么是什么因素导致 东印度洋海温的持续性在秋季明显减弱?

季风与 ENSO选择性相互作用原理<sup>[15]</sup>指出,春 季,太平洋海气系统很弱而印度洋季风系统发展增 强,热带印度洋—太平洋地区由以太平洋海气系统



图 1 东印度洋月平均海温距平的自相关系数(框形区为 曲线显著下降区;虚线值为 0.21,大于 0.21的部分 表示通过 90%的置信水平检验)

Fig 1 Autocorrelations coefficients of the monthly mean SST of the eastern Indian Ocean (The rectangular box denotes the time period when the autocorrelation abrup tly drops (fall barrier); the area above the horizontal dash straight line (= 0.21) denotes that the autocorrelation is significant at a more than 90% confidence level)

为主导转向以印度洋季风系统为主导,急剧增强的 印度洋季风系统的作用,导致中东太平洋海温的持 续性明显下降。那么秋季两大洋海气系统具有什么 特征?为此考察了热带太平洋和热带印度洋海气系 统的季节变化。

# 3 太平洋 Walker环流和印度洋季风纬向 环流的季节变化特征

由图 2可见,中东太平洋上纬向风在冬季最强, 春季最弱,夏季开始增强,秋季继续增强,到冬季发 展到最强;印度洋上纬向风在冬季最弱,春季发展增 强,夏季发展到最强,秋季开始减弱,到冬季减至最 弱。这与已有的研究结果<sup>[12-14]</sup>一致。



- 图 2 热带太平洋 —印度洋上空 850 hPa纬向风 (5 S ~ 5 N平均)的季节变化 (单位:m/s;印度洋上风速大于 4 m/s和太平洋上风速大于 10.4 m/s为阴影区)
- Fig 2 Seasonal variation of the 850 hPa zonal wind velocity (m/s) averaged over 5 S—5 N over the tropical Pacific and Indian Ocean (A reas with values greater than 4 m/s in the Indian Ocean and greater than 10.4 m/s in the Pacific Ocean are shaded)

冬季太平洋 Walker环流最强,而印度洋季风纬 向环流最弱,所以热带印度洋和热带太平洋地区是 以太平洋 Walker环流为主导。夏季的情况与冬季 相反,印度洋季风纬向环流发展到最强,而太平洋 Walker环流仍较弱,所以热带印度洋和热带太平洋 地区是以印度洋季风环流为主导。从冬到夏,太平 洋 Walker环流由强变弱,同时印度洋季风纬向环流 发展增强,热带印度洋和热带太平洋地区海气系统 由以太平洋 Walker环流为主导转向以印度洋季风 环流为主导;从夏到冬,太平洋 Walker环流急剧增 强,而印度洋季风纬向环流减弱,热带印度洋和热带 太平洋地区海气系统由以印度洋季风环流为主导转 向以太平洋 Walker环流为主导。

由此可见,热带印度洋和热带太平洋地区海 气系统具有显著的季节变化,冬季以太平洋海气 系统为主导,夏季以印度洋季风系统为主导,秋 季,印度洋季风系统减弱而太平洋海气系统急剧 增强。同时,东印度洋海温持续性的显著下降表 明"秋季障碍 后冬季东印度洋海温与其前期海温 的相关微弱,那么秋季后东印度洋海表温度的异 常是否与急剧增强的太平洋海气系统有关?为此 考察了冬季东印度洋海表温度异常与太平洋海气 系统的关系。

# 4 太平洋海气系统与东印度洋冬季海温 异常的关系

由图 3可见,东印度洋冬季海温与其前期自身 海气系统关系很弱,与其后期海气系统关系较好。 在太平洋海温异常超前 10个月左右时,中东太平洋 海温与东印度洋冬季海温相关开始增强,并持续了 15个月左右。其中,当太平洋超前一个季节时(秋 季),太平洋海温异常与东印度洋海温异常的相关 达到最强,相关系数达到 0.7,意味着,当东印度洋 海温持续性在秋季急剧下降时,中东太平洋海气系 统的异常在很大程度上决定了其随后冬季东印度洋 海温异常。

为了进一步说明太平洋海气系统与东印度洋冬 季海温的关系,计算了冬季东印度洋海温与热带太 平洋海平面气压与低层纬向风异常的超前滞后相关 系数。

由图 4可见,东印度洋冬季海温与西太平洋海 平面气压呈现正相关,与中东太平洋海平面气压呈 现负相关。当太平洋超前印度洋 10个月左右(春 季)时,东印度洋冬季海温与西太平洋海平面气压 场正相关开始增强,并持续了 18个月左右。当太平 洋超前 8个月左右(春末)开始,东印度洋冬季海温 与中东太平洋海平面气压负相关开始增强,并持续 了 7个月左右。当太平洋超前 1个季节(秋季),东 印度洋冬季海温与西太平洋海平面气压正相关达到 最大。在太平洋超前 5个月左右到超前 2个月的时 段(夏末到秋季),东印度洋冬季海温与中东太平洋 海平面气压负相关达到最大。在秋季,东印度洋冬 季海温分别与西太平洋、中东海平面气压呈现很好 的正、负相关。意味着,当东印度洋海温持续性在秋



- 图 3 东印度洋秋季障碍之后冬季 (1月)区域平均 SSTA 和太平洋海区 SSTA 的超前 滞后相关系数 (纵坐标中负值表示太平洋超前印度洋,"0 表示太平洋与印度 洋同期,正值表示太平洋滞后印度洋,数字表示超前滞后的月份数;阴影区为超 过 95%置信水平的区域,深阴影区为相关系数最大的区域)
- Fig 3 Lead-lag correlations between the winter(January) SSTA of the eastern Indian Ocean following the "fall barrier" and the SSTA of the Pacific Ocean (" - " on the ordinate denotes the Pacific Ocean lead, " 0 "denotes simultaneity, " + "denotes the Indian Ocean lead, the number on the ordinate denotes the month number of lead or lag A reas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are lightly shaded, and dark shading denotes the area where the correlation coefficient is the largest positive correlation)

季急剧下降时,中东太平洋海气系统的异常在很大 程度上决定了其随后冬季东印度洋海温异常。

与海平面气压场对应,由图 5可见,在太平洋 超前印度洋 10个月左右时,中东太平洋 200 hPa 纬向风与东印度洋冬季 SSTA正相关开始增强,当 太平洋超前 5个月时(夏末),两者的正相关达到 最大,并持续到秋末,意味着,当东印度洋海温持 续性在秋季急剧下降时,中东太平洋海气系统的 异常在很大程度上决定了其随后冬季东印度洋海 温异常。

综上所述,东印度洋冬季海温与其前期海气系统关系微弱,与其后期海气系统关系紧密,而中东太平洋海气系统的异常在很大程度上决定了冬季东印度洋海温的异常。

#### 5 结论

(1)通过对东印度洋海温的自相关分析发现, 东印度洋 SSTA的持续性在秋季明显减弱,海温的 持续性存在"秋季障碍 现象。

(2)热带印度洋和热带太平洋地区海气系统具 有显著的季节变化,冬季以太平洋海气系统为主导, 夏季以印度洋季风系统为主导,秋季,印度洋季风纬 向环流减弱而太平洋 Walker环流急剧增强,热带 印—太海区海气系统由以印度洋季风系统为主导转 向以太平洋海气系统为主导。

(3)通过分析太平洋海温、海平面气压场以及 低层纬向风与东印度洋冬季海温的相关,发现东印 度洋冬季海温与其前期自身海气系统关系微弱,而 中东太平洋海气系统的异常很大程度上决定了冬季



- 图 4 东印度洋秋季障碍之后冬季 (1月)区域平均 SSTA和太平洋海区海平面气 压的超前滞后相关系数 (纵坐标中负值表示太平洋超前印度洋,"0 表示 太平洋与印度洋同期,正值表示太平洋滞后印度洋,数字表示超前滞后的 月份数;阴影区为超过 95%置信水平的区域,深阴影区为相关系数最大的 区域)
- Fig 4 Lead-lag correlations between the winter (January) SSTA of the eastern Indian Ocean following the "fall barrier" and the sea surface pressure of the Pacific Ocean (" - " on the ordinate denotes the Pacific Ocean lead, " 0 "denotes simultaneity, " + "denotes the Indian Ocean lead, the number on the ordinate denotes the month number of lead or lag A reas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are lightly shaded, and dark shading denotes the area where the correlation coefficient is the largest positive correlation)

东印度洋海温的异常,认为秋季急剧增强的太平洋 海气系统对东印度洋海温持续性"秋季障碍"起着 重要的作用。

#### 参考文献:

- Webster P J, Moore A M, Loschnigg J P, et al Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997—1998 [J]. Nature, 1999, 401: 356-360.
- [2] Saji N H, Goswam i B N, Vinayachandran P N, et al A dipole mode in the trop ical Indian Ocean [J]. Nature, 1999, 401: 360-363.
- [3] 谭言科,杜振彩.印度洋海温变化的空间分布型和多重时间尺 度[J].大气科学,2006,30(1):11-24.
- [4] 晏红明,肖子牛,谢应齐.近 50年热带印度洋海温距平场的时

空特征分析 [J]. 气候与环境研究, 2000(5): 180-188.

- [5] 周顺武,丁锋,假拉.印度洋春、夏季海温对西藏高原夏季降水 的影响 [J]. 气象科学, 2003, 23 (2): 168-175.
- [6] 周天军, 俞永强, 宇如聪, 等. 印度洋对 ENSO事件的响应: 观测与模拟 [J]. 大气科学, 2004, 28 (3): 357-373.
- [7] 周天军,宇如聪,李薇,等. 20世纪印度洋气候变率特征 [J].
  气象学报,2001,59(3):257-271.
- [8] 晏红明,琚建华,肖子牛. ENSO循环的两个不同位相印度洋海 表温度异常的特征分析 [J].南京气象学院学报,2001,24(2): 242-249.
- [9] 殷永红,史历,倪允琪,近 20年来热带印度洋与热带太平洋海 气系统相互作用特征的诊断研究 [J].大气科学,2001,25(3): 355-371.
- [10] 马丽萍,王盘兴,吴洪宝.热带海洋海气相互作用的区域差异



- 图 5 东印度洋秋季障碍之后冬季 (1月)区域平均 SSTA 和太平洋海区 850 hPa 结向风的超前滞后相关系数 (纵坐标中负值表示太平洋超前印度洋,"0" 表示太平洋与印度洋同期,正值表示太平洋滞后印度洋,数字表示超前滞 后的月份数;阴影区为超过 95%置信水平的区域,深阴影区为相关系数最 大的区域)
- Fig 5 Lead-lag correlations between the winter(January) SSTA of the eastern Indian Ocean following the "fall barrier" and the 850 hPa zonal wind velocity of the Pacific Ocean (" - " on the ordinate denotes the Pacific Ocean lead, " 0 "denotes simultaneity, " + "denotes the Indian Ocean lead, the number on the ordinate denotes the month number of lead or lag A reas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are lightly shaded, and dark shading denotes the area where the correlation coefficient is the largest positive correlation)

[J]. 气象科学, 2001, 21(3): 260-270.

- [11] 王桂臣,管兆勇. SVD揭示的印度洋海气相互作用模态及其
  与中国降水的联系 [J]. 南京气象学院学报,2007,30(1):
  63-71.
- [12] 张福颖,郭品文,于群,等.热带太平洋与印度洋相互作用的 年代际变化 [J].南京气象学院学报,2008,31(1):68-74.
- [13] 吴国雄,孟文.赤道印度洋-太平洋地区海气系统齿轮耦合和 ENSO事件()[J].大气科学,1998,22(4):470-480.
- [14] 孟文,吴国雄.赤道印度洋—太平洋地区海气系统齿轮耦合 和 ENSO事件()[J].大气科学,2000,24(1):16-25.
- [15] Webster P J, Yang S Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems [J]. Quart J R Meteor Soc, 1992, 118: 877-926.
- [16] 姜德忠,解思梅,包澄澜,等. 35 %以北的印度洋的气候状况 和季风特征[J].海洋预报,1998,15(4):40-49.

- [17] 葛旭阳,周霞琼,蒋尚城.卫星双通道揭示的 Walker环流活动 特征及其与我国夏季降水关系初探 [J]. 热带气象学报, 2002,18(2):182-187.
- [18] Parker D E, Folland C K, Jackson M. Marine surface temperature: Observed variations and data requirements [J]. Climatic Change, 1995, 31 (5): 559-600.
- [19] Kalnay E, Kanamitus M, Kistler R, et al The NCEP/NCAR 40year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77 (3): 437-471.

(责任编辑:张福颖)