

热带海温异常与南海夏季风建立迟早的初步研究^{*}

温之平, 薛晓冰, 梁肇宁, 吴丽姬

(中山大学季风与环境研究中心/大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 利用 NCEP 再分析的海表温度场、风场、高度场的格点资料, 应用合成和相关分析等方法, 初步探讨了热带印度洋和热带太平洋海温异常与南海夏季风建立的关系。研究结果表明, 热带印度洋和热带太平洋海温异常在有些年份并不同号, 从而对南海夏季风建立迟早的影响并不完全一致。进一步分析表明, 热带印度洋和热带太平洋海温异常可能是通过影响热带地区 Walker 环流建立和加强, 进而南海夏季风建立的迟早。

关键词: 南海夏季风; 海温异常; 建立迟早

中图分类号: P425.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 01-0094-05

南海夏季风是亚洲季风环流系统的一个重要组成部分, 对中国夏季天气气候有着重要影响。已有的研究表明^[1-3], 南海夏季风最早可在 4 月底建立, 最晚可迟至 6 月中, 其建立的迟早可相差一个月以上。众所周知, 影响季风形成的因素很多, 海陆热力差异是最主要最直接的因素之一, 而海温异常必然会导致海陆热力差异的异常, 进而影响季风的形成。

以往关于热带海洋海温与南海夏季风建立的关系研究多集中在南海及其附近地区和热带西太平洋暖池。陈隆勋^[4]等研究表明: 南海 SST 异常对南海季风季节变化和降水有很大影响, 特别是南海冷海温期的影响远大于暖海温期, 西太平洋暖池 SST 异常对南海夏季风也有影响, 但对大陆降水的影响并不确定。谢安等^[5]认为 SST 异常与南海夏季风爆发的年际变化有密切关系, 偏晚年的 SSTA 分布呈 El Nino 型, 偏早年的分布如同 La Nina 型。赵永平等^[6]对南亚至热带东印度洋海表温度距平主要特征向量场的分析表明, 当以苏门答腊为中心的热带海温偏暖(冷)时, 南海夏季风往往爆发较迟(早)。

由此可见, 海温异常对南海夏季风建立早晚的影响是不容置疑的, 本文运用 50 年(1949—1998)较长时间序列的海温场、风场、高度场等资料进行分析研究, 探讨热带太平洋和热带印度洋海温异常与南海夏季风建立迟早的关系。

1 资 料

1949—1998 年美国 NCEP 全球逐月再分析格点资料, 其中海表温度场资料(SST)空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格距, 风场、高度场和速度势场资料空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

2 南海夏季风建立迟早的确定

本文使用文献[7]中关于南海夏季风建立的定义: 当南海的中南部($5^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{N}$, $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$)的平均纬向风由东风转变为西风, 且维持两候(含)以上时为南海夏季风建

立。1949—1998 年的具体建立日期参阅文献[7]。

对建立日期进行标准化处理(图 1), 取 $\alpha = 1.0$ 为临界值, 则视 $-1.0 \leq \alpha \leq 1.0$ 为建立正常年, 共计 35 年, 在 26~30 候之间; $\alpha < -1.0$ 为建立偏早年, 共计 9 年(1951、1956、1960、1966、1971、1974、1984、1985、1994), 在 23~25 候之间; $\alpha > 1.0$ 为建立偏晚年, 共计 6 年(1970、1973、1982、1987、1991、1993), 在 31~32 候之间。

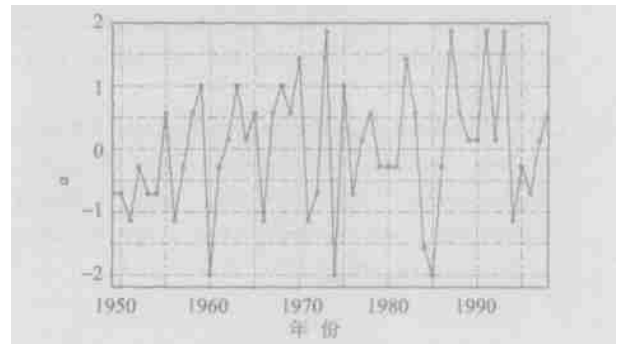


图 1 1949—1998 季风建立日期标准化

Fig. 1 Standardization of onset time of monsoon from 1949 to 1998

3 热带海洋海温异常与南海夏季风建立的关系分析

3.1 海温异常与建立日期的相关分析

海洋的热力状况对南海夏季风的建立有着重要的影响^[8]。为了分析南海夏季风建立早晚与海温异常的关系, 用 1949—1998 年共 50 年的全球逐月的 SST 距平与季风建立日期求相关。图 2 可见, 热带中东太平洋和热带印度洋海温异常与南海夏季风建立迟早的相关确实存在密切的关系, 其相关有很好的持续性, 从前一年的 12 月至同年 4 月, 热带印度洋和热带中东太平洋 SSTA 均与南海夏季风建立日期

^{*} 收稿日期: 2004—02—10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40275026); 中国科学院大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG)开放课题资助项目

作者简介: 温之平(1963 年生), 男, 副教授; E-mail: ceswzp@zsu.edu.cn

呈明显正相关，热带西太平洋为弱的负相关，但仅有一小区域在 2 月的通过了显著性检验。这表明从前一年冬季到同年春季，热带中东太平洋和热带印度洋海温异常对南海夏季风建立迟早有显著的影响。

3.2 关键区海温异常与建立的年际变化特征

根据图 2 选取 60°~70°E, 5°~15°S 为热带印度洋关键区 (R₁ 区), 选取 160°~180°W, 5°S~5°N 为热带中东太平洋的关键区 (R₂ 区)。由于海温异常与南海夏季风建立的相关有较好的持续性, 因此, 我们对关键区的逐年 1—4 月海温求区域平均。

从关键区 1—4 月区域平均 SSTA 和南海夏季风建立日期距平的年际变化曲线图 (图 3) 可以看出, 海温异常变化与南海夏季风建立迟早有比较一致的关系。分析发现 R₁ 区 SSTA≥0.3℃ 的 9 年中, 无一年为建立早年, 而在 R₁ 区 SSTA≤-0.3℃ 的 11 年中, 亦无一年为建立晚年, 在 R₁ 区 SSTA 正常变化 (-0.3℃< SSTA< 0.3℃) 的 26 年中, 有

22 年为建立正常年, 仅 2 年为建立晚年 (1982、1991), 2 年为建立早年 (1985、1994)。而 R₂ 区的情况则为: SSTA≥0.3℃ 的 16 年中, 5 年为建立晚年, 1 年为建立早年, 10 年为正常年; SSTA≤-0.3℃ 的 13 年中, 早建立有 6 年, 正常建立有 7 年; -0.3℃< SSTA< 0.3℃ 的 17 年中, 1 年为建立早年, 1 年为建立晚年, 15 年为正常年 (见表 1)。可见, 相比较而言, R₁ 区海温持续异常与南海夏季风建立迟早的关系比 R₂ 区更好。

根据文献 [9] 的研究, 1966 年为典型的 El Nino 年, 并且持续 14 个月。表 1 所示, R₂ 区 SSTA 达为 0.83℃, 但此时 R₁ 区的 SSTA 却为 -0.5℃, 季风在 25 候建立属偏早。而在其定义的 1989 年为典型 La Nina 年, 并且亦持续 14 个月, R₂ 区 SSTA 为 -1.35℃, 而 R₁ 区为 0.11℃, 季风在 28 候建立属正常。由此可见, 这与一般认为的 El Nino 年南海夏季季风建立偏晚, La Nina 年季风建立偏早相矛盾。这说明有些年份, 热带印度洋和热带中东太平洋海温异常并不

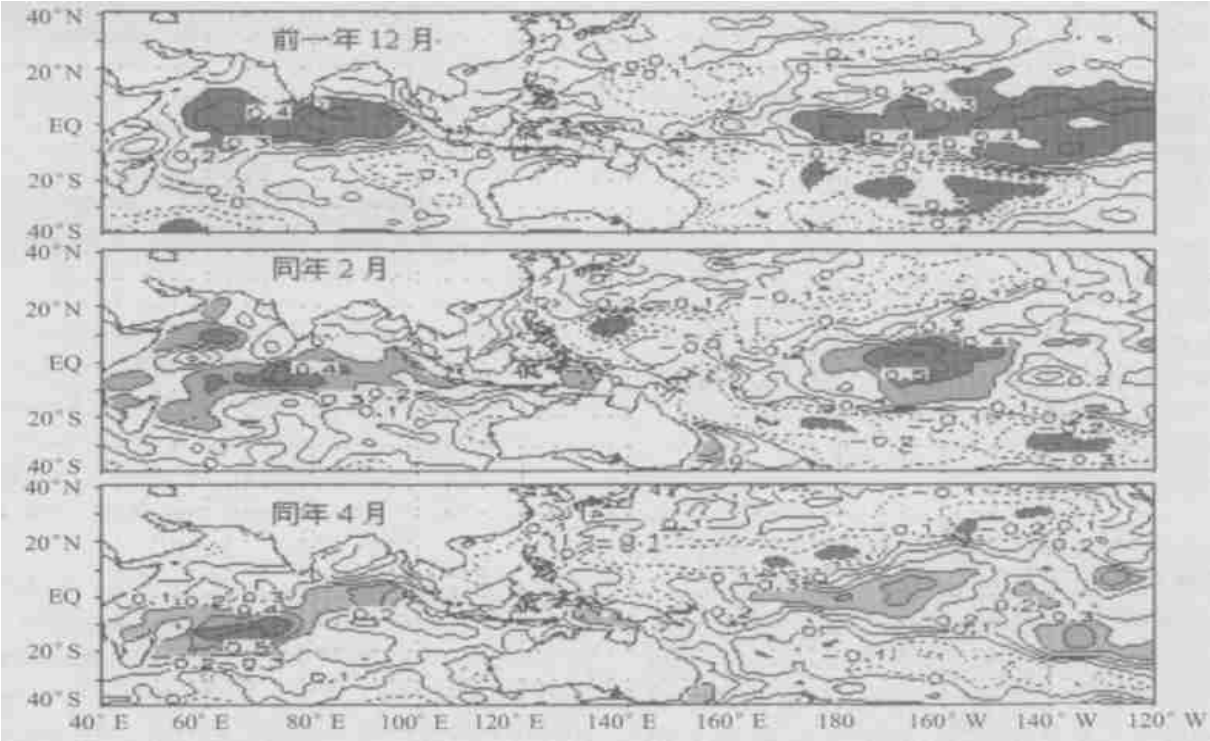


图 2 1949—1998 年 SSTA 与南海夏季风建立日期相关图
Fig 2 Correlations between SSTA and onset date of South China Sea summer monsoon from 1949 to 1998
(阴影为通过 0.05 显著性检验区域)

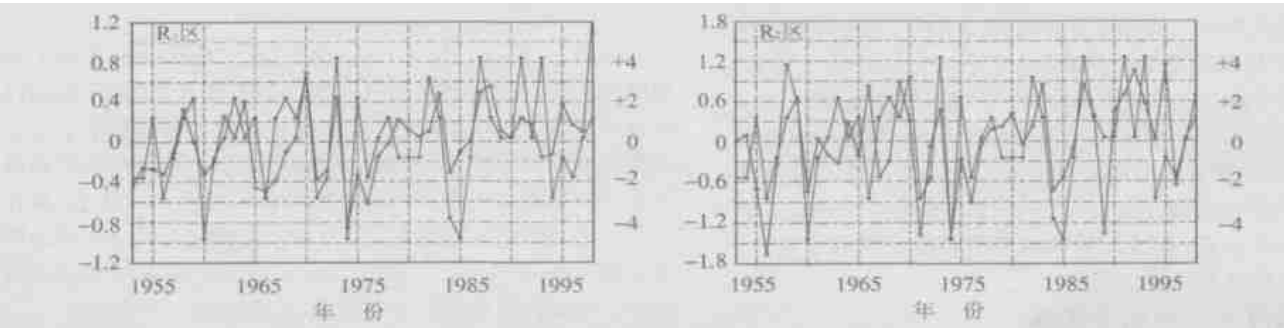


图 3 1953—1998 年关键区 SSTA (粗线空点) 和夏季风建立日期距平 (细线实点) 变化曲线
Fig 3 Variation of SSTA over the key regions and onset date anomalies of summer monsoon from 1953 to 1998

表 1 R_1 和 R_2 区 SSTA 异常的年份统计
Tab 1 Statistics for abnormal years of SSTA over R_1 and R_2

SSTA ≥ 0.3			SSTA ≤ -0.3		
SSTA	年份	建立	SSTA	年份	建立
R ₁ 区					
0.329	1958	29	-0.44	1953	26
0.403	1964	28	-0.33	1956	25
0.692	1970	31	-0.33	1960	23
0.443	1973	32	-0.45	1965	29
0.479	1983	29	-0.5	1966	25
0.495	1987	32	-0.39	1967	29
0.556	1988	29	-0.38	1971	25
0.369	1995	27	-0.85	1974	23
1.290	1998	29	-0.34	1975	30
			-0.61	1976	26
			-0.31	1984	24
R ₂ 区					
1.15	1958	29	-0.71	1955	29
0.59	1959	30	-1.66	1956	25
0.83	1966	25	-0.33	1957	27
0.88	1969	29	-0.74	1960	23
0.30	1970	31	-0.32	1963	30
0.48	1973	32	-0.54	1967	29
0.42	1980	27	-1.38	1971	25
0.85	1983	29	-1.43	1974	23
0.85	1987	32	-0.90	1976	26
0.39	1988	29	-0.73	1984	24
0.45	1990	28	-0.54	1985	23
0.70	1991	32	-1.35	1989	28
1.06	1992	28	-0.65	1996	26
0.57	1993	32			
1.14	1995	27			
0.68	1998	29			

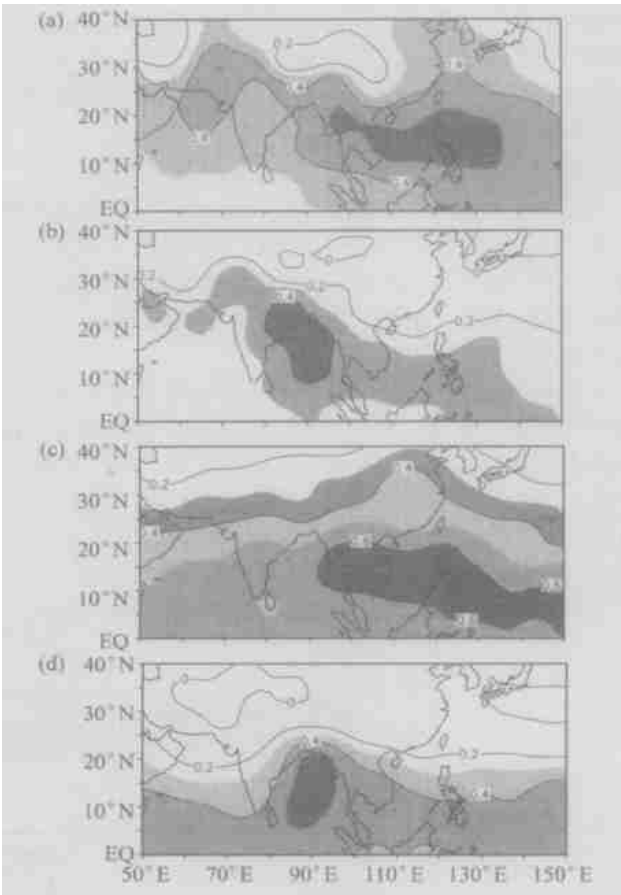


图 4 1953—1998 年关键区 SSTA 与 5 月高度场的相关系数分布图

Fig. 4 Correlation coefficients between key area SSTA in April and geopotential height in May from 1953 to 1998
(a) R_1 区, 850 hPa; (b) R_2 区, 850 hPa;
(c) R_1 区, 500 hPa; (d) R_2 区, 500 hPa

完全同号，从而对南海夏季风的建立迟早的影响也不同。

3.3 海温异常与高度场的关系

西太平洋副热带高压和印缅槽等都是南海夏季风系统的重要成员，它们的变化对南海夏季风建立迟早有着重要指示意义。图 4 为关键区 4 月 SSTA 与同年 5 月 850 hPa 和 500 hPa 高度场的相关系数分布图，由图可见 R_1 区 SSTA（图 4a、4c）和 R_2 区 SSTA（图 4b、4d）与高度场的相关分布形势基本相同，但相关中心所在位置不同，前者位于中南半岛、南海中南部和热带西太平洋一带，而后者则主要位于孟加拉湾地区。比较而言， R_1 区 SSTA 与高度场的相关性更好。这表明如果 R_1 关键区 4 月份 SSTA 出现正异常，则同年 5 月中南半岛、南海及西太平洋上空高度场比常年偏高，说明西太平洋副高位置偏西偏南；而 R_2 关键区 4 月份 SSTA 为正异常，则同年 5 月孟加拉湾地区高度场比常年偏高，不利于印缅槽在这一带地区建立和维持。因此，若二个关键区出现正 SSTA，则不利于南海夏季风较早建立，反之，则南海夏季风建立偏早。

3.4 海温异常与风场的关系

南海夏季风活动主要表现在对流层中低层，因此人们常以 850 hPa 气流来描述季风活动。图 5 为关键区 4 月份 SSTA 与同年 5 月风场相关矢分布图，图中阴影区为矢量模

通过显著性检验的区域。由图 5a 可见，在 $50^{\circ}-150^{\circ}\text{E}$ ， $0^{\circ}-20^{\circ}\text{N}$ 区域内，有非常显著的相关，表明当 4 月份 R_1 区为负 SSTA 时，同年 5 月热带印度洋和南海南部地区 850 hPa 偏西风较强，反之就弱。图 5b 表明， R_2 区 4 月 SSTA 对 850hPa 风场的影响也有类似的特征，但经向环流更明显，与索马里越赤道气流的相关也比 R_1 区好。这表明，当 R_1 、 R_2 区出现负 SSTA 时，有利于印缅槽的形成和加深，热带印度洋和南海南部西风加强，从而有利于南海夏季风较早建立。

如图 5c 所示，有一个很明显的反气旋相关矢控制了孟加拉湾东部、中南半岛及南海地区，表明 R_1 区出现负 SSTA 有利于该地区 500 hPa 气旋性环流的形成，即有利于孟加拉湾附近低涡的形成及印缅槽的加深发展，从而有利于南海夏季风较早建立。图 5d 也有类似的分布特征。从 R_1 区和 R_2 区 4 月 SSTA 与同年 5 月 200 hPa 风场相关矢分布图分析也表明， R_1 和 R_2 区正 SSTA 与孟加拉湾、中南半岛及南海地区上空偏西风有很好的正相关（图略）。

综上，当热带印度洋和热带东太平洋出现负 SSTA 时，有利于各层流场向南海夏季风建立时的环流形态转变，从而促使夏季风较早建立；而为正 SSTA 时，不利于各层流场向南海夏季风建立时的环流形态转变，从而使得南海夏季

风较晚建立。

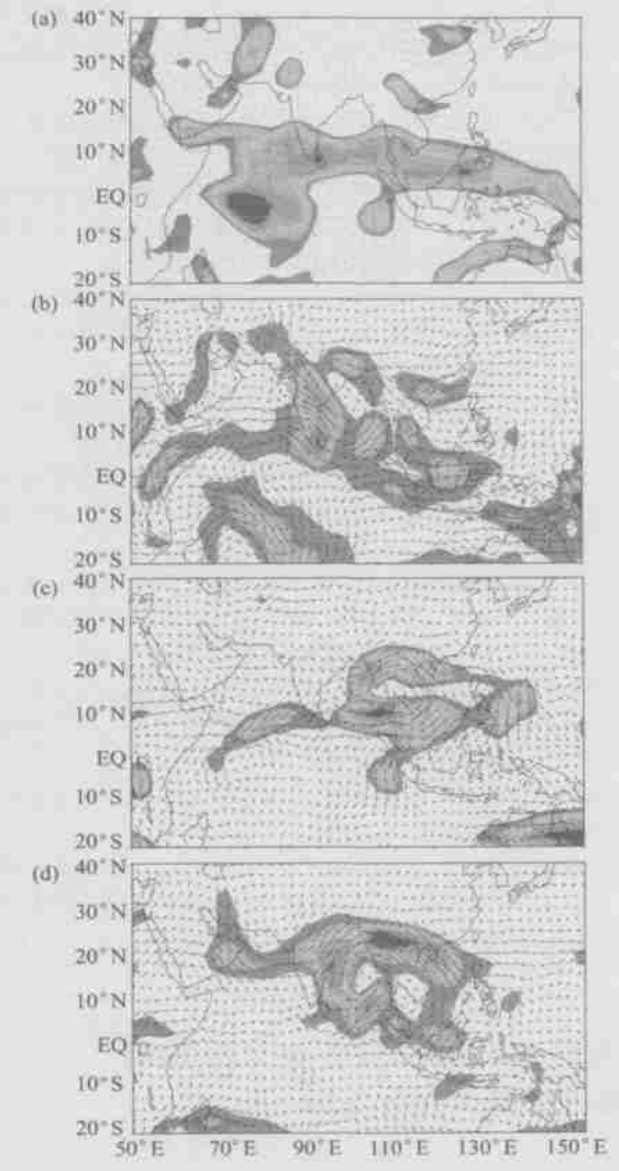


图 5 关键区 4 月 SSTA 与同年 5 月风场相关矢分布图
Fig 5 Correlation vectors between key area SSTA in April and wind field in May from 1953 to 1998
图中阴影区为矢量的模通过 0.05 显著性检验的区域
(a) R_1 区, 850 hPa; (b) R_2 区, 850 hPa;
(c) R_1 区, 500 hPa; (d) R_2 区, 500 hPa

4 热带印度洋和热带东太平洋海温异常对南海夏季风建立的可能影响

用 1953—1998 年的 NCEP 再分析资料，绘制了亚洲季风区 5 月高低层风场和速度势分布图，根据速度势场的分布可以分析大尺度流的辐散、辐合特征。由图 6 可以明显看到 5 月份亚洲季风区高低层大气环流的状况，低层正速度势中心位于东亚季风区，热带太平洋盛行偏东气流、热带印度洋盛行偏西气流；高层则相反，负速度势中心位于东亚季风区，气流从东亚季风区向东和向西辐散，从而形成了二个明显的纬向环流圈，即我们熟知的 Walker 环流和

反 Walker 环流（季风环流）（图 7）。

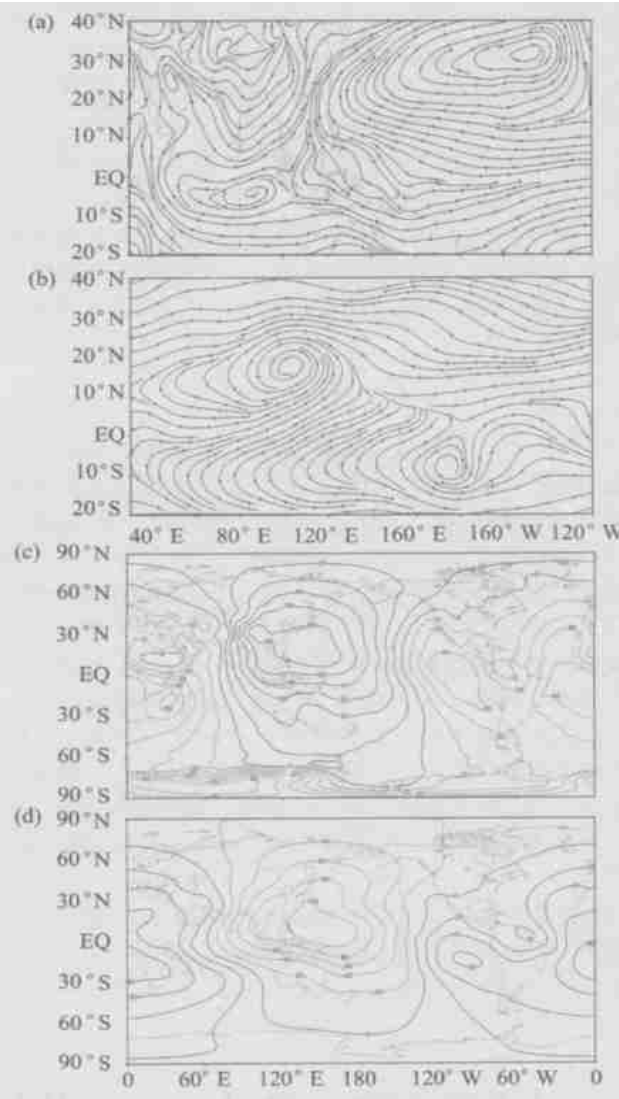


图 6 1953—1998 年平均 5 月流场和速度势场分布图
Fig 6 The distribution of climatic streamline and velocity potential in May from 1953 to 1998
(a) 850 hPa 风场; (b) 200 hPa 风场;
(c) 850 hPa 速度势; (d) 200 hPa 速度势

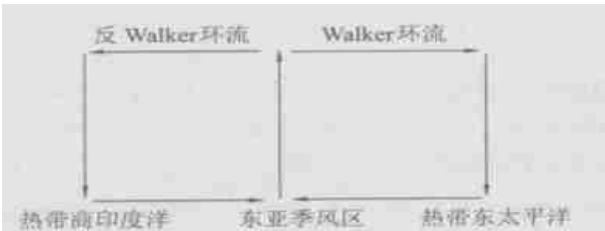


图 7 5 月热带海洋上空东西向环流示意图
Fig 7 The west-east vertical circulation over the tropical ocean in May

当热带印度洋和热带东太平洋为强的负 SSTA 分布时，海温比常年低，导致海陆热力差异和热带海洋东西向热力差异增大，热带印度洋冷、热带西太平洋暖的距平 SST 梯

度，使得反 Walker 环流维持正距平异常，促使低层西到西南气流的加强；同时，热带太平洋西暖东冷的距平 SST 梯度，也使得 Walker 环流维持正距平异常，从而促使低层东到东南气流的加强。因此，两环流圈低层气流的加强使东亚季风区辐合上升运动加强，有利于南海夏季风的较早建立。反之，若热带印度洋和热带东太平洋为强的正 SSTA 分布时，海温比常年高，导致海陆热力差异和热带海洋东西向热力差异减小，从而使得原有的 Walker 环流和季风环流减弱，不利于南海夏季风的较早建立。当然，南海夏季风作为东亚夏季风的一个重要组成部分，其年际变化的原因是复杂的，除 ENSO 循环对它的影响外，还受到许多其它因素的影响^[1]。

5 结 论

- (1) 热带印度洋和热带太平洋前期海温异常与南海夏季风有很好的相关关系，即当热带印度洋和热带东太平洋前期海温比常年偏低（偏高）时，南海夏季风建立偏早（偏晚），但热带印度洋和热带太平洋海温异常在有些年份并不同号，从而对南海夏季风建立的迟早的影响也不相同。
- (2) 4 月份热带印度洋和热带东太平洋海温异常与 5 月份热带地区的高度场有很好的相关关系，负 SSTA 时利于南海地区高压早撤退；正 SSTA 时利于高压系统的维持。
- (3) 热带印度洋负（正）SSTA 时有利于（不利于）反 Walker 环流圈较早建立；而热带东太平洋负（正）SSTA 时有利于（不利于）太平洋上的 Walker 环流圈较早加强；两个环流圈建立和加强的迟早是南海夏季风建立的主要影响因子之一。
- (4) 热带印度洋和热带中东太平洋海温异常通过影响热带海洋东西向热力差异，引起反 Walker 环流和 Walker 环

流异常，进而影响南海夏季风的建立迟早。。

参考文献:

[1] 贺海晏, 温之平, 简茂球, 等. 1982—1996 年亚洲热带夏季风建立迟早的探讨[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2000, 39(4): 99—103.

[2] 张秀芝, 李江龙, 王晓东. 热带次表层海温与南海夏季风的关系研究[J]. 气象学报, 2002, 60(2): 156—163.

[3] 陈隆勋, 刘洪庆, 王文, 等. 南海及其邻近地区热带夏季风爆发的特征及其机制的初步研究 // 亚洲季风研究的新进展[C]. 北京: 气象出版社, 1999: 219—232.

[4] 陈隆勋, 王予辉. 南海和西太平洋暖池表面海温对东亚季风影响的数值模拟 // 亚洲季风研究的新进展[C]. 北京: 气象出版社, 1999: 184—198.

[5] 毛江玉, 谢安, 宋焱云, 等. 海温及其变化对南海夏季风爆发的影响[J]. 气象学报, 2000, 58(5): 556—569.

[6] 赵永平, 陈永利, 白学志, 等. 南海—热带东印度洋海温年际变化与南海季风爆发关系的初步分析[J]. 热带气象学报, 2000, 16(2): 115—122.

[7] 谢安, 戴念军. 关于南海夏季风爆发日期和季风强度定义的初步意见 // 何金海. 南海夏季风建立日期的确定和季风指数[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 67—70.

[8] 陈永利, 白学志, 赵永平. 南海夏季风爆发与热带海洋海温和大气环流异常变化关系的研究[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(4): 388—399.

[9] TRENBERTH K E. The Definition of El Niño[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1997, 78: 2771—2777.

[10] 黄荣辉, 陈文, 丁一汇, 等. 关于季风动力学以及季风与 ENSO 循环相互作用的研究[J]. 大气科学, 2003, 27(4): 484—502.

A Preliminary Study on the Relationship between SSTA in Tropical Oceans and Onset of South China Sea Summer Monsoon

WEN Zhi ping, XUE Xiao bing, LIANG Zhao ning, WU Li ji

(Research Center for Monsoon and Environment // Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Using the NCEP reanalysis data from 1949 to 1998, the relationship between the SSTA over tropical oceans and the onset of South China Sea summer monsoon (SCSSM) was investigated based on composite analysis and correlation analysis. The results show that there exist close relationships between the onset of SCSSM and the SSTA over tropical oceans. In some years the symbol of SSTA in tropical central and eastern Pacific ocean is not the same as that over tropical Indian ocean, therefore the influence of SSTA over the two oceans on onset of SCSSM are different. Moreover, it is speculated that by having an impact on the vertical circulations (Walker and Anti Walker) the SSTA over tropical oceans affects the onset time of SCSSM.

Key words: South China Sea summer monsoon; sea surface temperature; onset time