

热带海表温度持续异常对东亚 初夏大气环流的影响

袁佳双 郑庆林

(中国气象科学研究院, 100081)

提 要

利用 NCEP/NCAR 月平均海表温度及北半球大气环流分析资料, 系统研究了热带海洋表面温度持续异常状况下东亚初夏(5、6 月份)大气环流的异常特征。研究发现, 暖海温年, 南亚高压、西太平洋副热带高压明显偏强, 冷海温年明显偏弱; 暖海温年, 欧亚大陆南支西风急流明显减弱北移, 东亚大陆对流层低层温度偏高或接近常年, 青藏高原近地面温度偏高, 而冷海温年, 东亚大陆对流层低层温度偏低, 5 月份青藏高原近地面温度偏低。研究表明, 海表温度的持续异常对东亚初夏大气环流的季节转换有重要影响。

关键词: 海表温度异常 季节转换 南亚高压 西太平洋副高

引 言

海气相互作用是天气动力学的一个重要内容。每年初夏东亚大气环流常有一次剧烈的突然变化, 这是北半球最显著的季节转换过程, 也是中长期天气预报的一个非常重要的课题。那么, 这种季节转换的快慢受到哪些因素的影响或制约? 与海洋异常状况之间有怎样的联系? 以往的研究多考虑高原加热作用的影响^[1~5], 而对热带海洋热源的研究不多或仅限于某个海区的影响^[6~8], 由于所选取的海区不同, 时间段不同, 往往会有不同的结果。本文利用近 50 年的海洋和大气再分析资料, 系统研究了热带海洋各个关键海区异常海温年里东亚初夏大气环流的季节转换特征。

1 海区的划分、异常海温年的选取

采用月平均海表温度异常资料(以下记为 SSTA)分别为 1951~1980 年($5^{\circ} \times 5^{\circ}$)的 NCAR 格点数据(JONES)及 1981~1997 年($1^{\circ} \times 1^{\circ}$)的 NCEP/NCAR 的海平面温度/陆

地气温格点场数据(OISST)。北半球大气环流分析资料来自于 NCEP/NCAR 的 1951~1998 年逐月再分析资料($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)。

1.1 海区划分

热带海洋海区划分见表 1。

1.2 异常海温年选取

分别计算各个海区 1951~1997 年冬半年(自上一年的 11 月到当年 6 月这个时段, 以下简称为 11~6 月)逐月海温距平的区域面积平均, 选取那些至初夏季节(5 月或 6 月)持续偏暖或偏冷达 3 个月以上且面积平均值绝对值大于 0.2°C 的年份为异常海温年(见表 2)。在此基础上, 筛选各个海区共同暖、冷异常的代表性年份, 作为我们要研究的热带整体海洋(以下简称 TRO)的异常年(见表 3)。

2 异常海温年东亚初夏大气环流的变化特征

每年初夏(5~6 月), 东亚大气环流常有一次剧烈的突然变化, 主要特征是北半球西

风带行星波发生一次大的调整,副热带西风急流突然北跳,西太平洋副高加强北上,超长波尺度的青藏高原在高原上空建立。这时印

度西南季风爆发,高原上切变线和低涡活动频繁,雨季开始,江淮流域梅雨建立^[9]。初夏季节转换的快慢随之影响到夏季旱涝。

表1 海区的划分范围及划分原因

海区	经度范围	纬度范围	选择该区的原因
赤道东太平洋(EPA)	180°~80°W	10°S~10°N	包含了 El nino 事件发生的绝大部分区域。
赤道西太平洋(WPA)	120°E~180°	10°S~20°N	相对于赤道东太平洋海区,且是大洋暖池的一部分。
大洋暖池(WPO)	60°E~140°W	20°S~20°N	包含 28°C 等温线的主要范围。
热带印度洋(IND)	印度洋所包含经度	20°S~20°N	热带印度洋的主要区域,既包含了孟加拉湾海区(0~20°N,80~100°E),可以表征大洋暖池的西部,又包含了(20°S~10°N,50°E~70°E)沿索马里至阿拉伯海南部海区,可以表征印度洋冷水域,代表越赤道气流海区的温度变化。
热带大西洋(ATL)	大西洋所包含经度	20°S~20°N	热带大西洋的主要区域

表2 各海区选取的异常暖、冷海温年

海区	月	暖年	冷年
EPA	5	1952, 1958, 1959, 1966, 1969, 1970, 1980, 1982, 1983, 1987, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995	1951, 1955, 1956, 1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1981, 1985, 1989
	6	1952, 1953, 1957, 1958, 1959, 1963, 1966, 1969, 1970, 1980, 1982, 1983, 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995	1951, 1954, 1955, 1956, 1962, 1964, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1981, 1985, 1989
WPA	5	1953, 1954, 1960, 1961, 1970, 1973, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1988, 1989, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997	1956, 1959, 1965, 1967, 1968, 1977, 1974, 1975, 1976, 1983, 1993
	6	1953, 1960, 1970, 1973, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997	1956, 1959, 1965, 1971, 1968, 1972, 1974, 1975, 1976, 1983, 1993
WPO	5	1952, 1953, 1958, 1959, 1961, 1964, 1966, 1969, 1970, 1973, 80, 1982, 1983, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1960, 1977, 1978, 1984	1951, 1955, 1956, 1965, 1967, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1985
	6	1952, 1953, 1958, 1960, 1963, 1966, 1969, 1970, 1973, 1980, 1982, 1983, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1959, 1977, 1984	1951, 1954, 1955, 1956, 1965, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1985
IND	5	1958, 1959, 1964, 1966, 1969, 1970, 1973, 1978, 1979, 80, 1983, 1987, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996	1951, 1955, 1956, 1952, 1962, 1963, 1965, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1986, 1953, 1954, 1961
	6	1958, 1959, 1969, 1970, 1973, 1983, 1987, 1988, 1991, 1992, 1993, 1996, 1997, 1977, 1980, 1990, 1994, 1995	1951, 1955, 1956, 1962, 1965, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1952, 1954, 1961, 1963, 1966
ATL	5	1958, 1959, 1966, 1962, 1963, 1964, 1969, 1970, 1984, 1988, 95, 96, 1983, 1973, 1987, 1990, 1991	1954, 1955, 1957, 1956, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1986, 1992, 1994
	6	1958, 1966, 1961, 1962, 1963, 1964, 1969, 1970, 1983, 1988, 1995, 1996, 1990, 1987, 1960, 1973, 1984, 1991	1954, 1955, 1957, 1956, 1968, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1985, 1986, 1989, 1994, 1992, 1997

表3 热带海洋整体(TRO)持续异常冷暖年

	年份
暖年	1958, 1959, 1969, 1980, 1983, 1987, 1990, 1995
冷年	1954, 1955, 1956, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1985

根据所选取的异常海温年,本文分析研究了北半球初夏季节南亚高压、西太平洋副

高、西风急流、东亚及高原区域地面温度的异常变化特征。

2.1 南亚高压

对各个海区,计算 100hPa 5 月份中南半岛附近 10~25°N、60~115°E 范围异常海温年高度场的变化特征(见表 4),给出 6 月份

高原上空高度场的变化特征(见图1)。

十分明显,表3中暖海温年中南半岛附近高度场普遍增加了10~30gpm,而冷海温年普遍降低了20~30gpm。图1暖海温年青藏高原上空高度场均为正值,增强幅度由南向北渐弱,冷海温年相反,其中印度洋海区和大洋暖池暖海温年里略有不同,32°N以北的高原西北地区高度场较常年略偏低。

表4 5月份10~25°N,60~115°E范围高度场的变化特征(单位:10gpm)

海区	暖年	冷年
EPA	2.107	-2.642
WPA	1.196	-2.339
WPO	1.239	-3.429
IND	1.968	-2.344
ATL	1.733	-2.197
TRO	2.955	-3.297

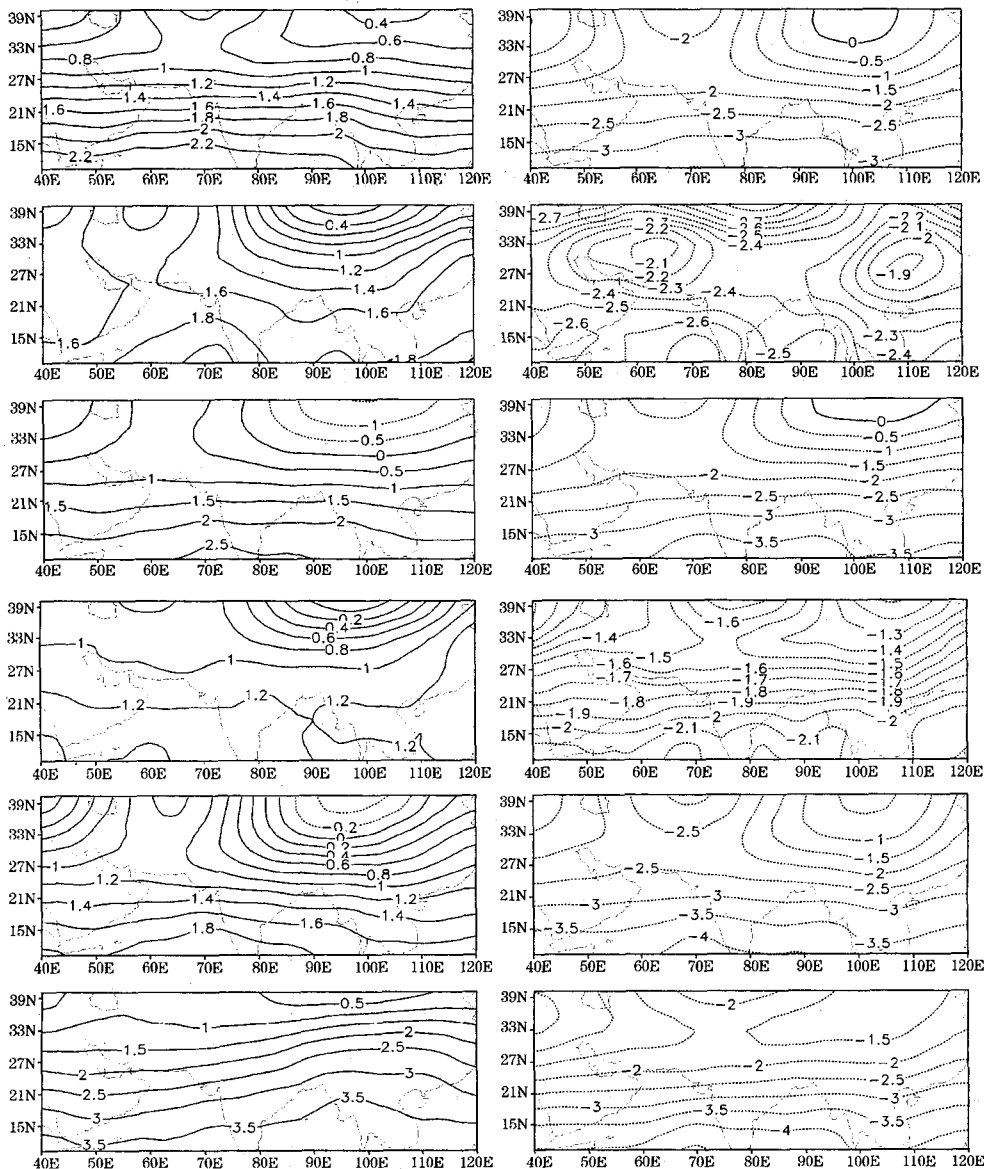


图1 异常海温年6月份100hPa南亚高压的变化特征(单位:10gpm)
(左侧:暖海温年,右侧:冷海温年;从上至下分别为EPA、WPA、WPO、IND、ATL、TRO海区)

5、6月份高度场的变化几乎完全相反,表明暖海温年南亚高压无论在中南半岛还是在高原上空均较常年加强,而冷海温年则较常年减弱,暖海温有利于初夏南亚高压的建立和加强,冷海温则不利。

2.2 西太平洋副热带高压

初夏季节,西太平洋副高强度及南北进退与东亚季节转换的快慢有密切关系。图2给出了500hPa各个海区6月份(5月份大致相同,略)异常海温年里西太平洋地区高度场的

变化特征。暖海温年里东亚大陆、印度洋及30°N以南的西太平洋上为正值区,高度场较常年增加,有利于西太平洋副高西伸北抬,而冷海温年里正相反。同时,各个海区异常海温年里西太平洋副高变化幅度不尽相同。计算了10~30°N,120~180°E范围内高度场的变化(见表5),区域平均高度场以热带整体海洋暖海温年里增加最明显,平均增加了7gpm,而热带大西洋暖海温年里加强最弱,6月份仅增加了0.46gpm。冷海温

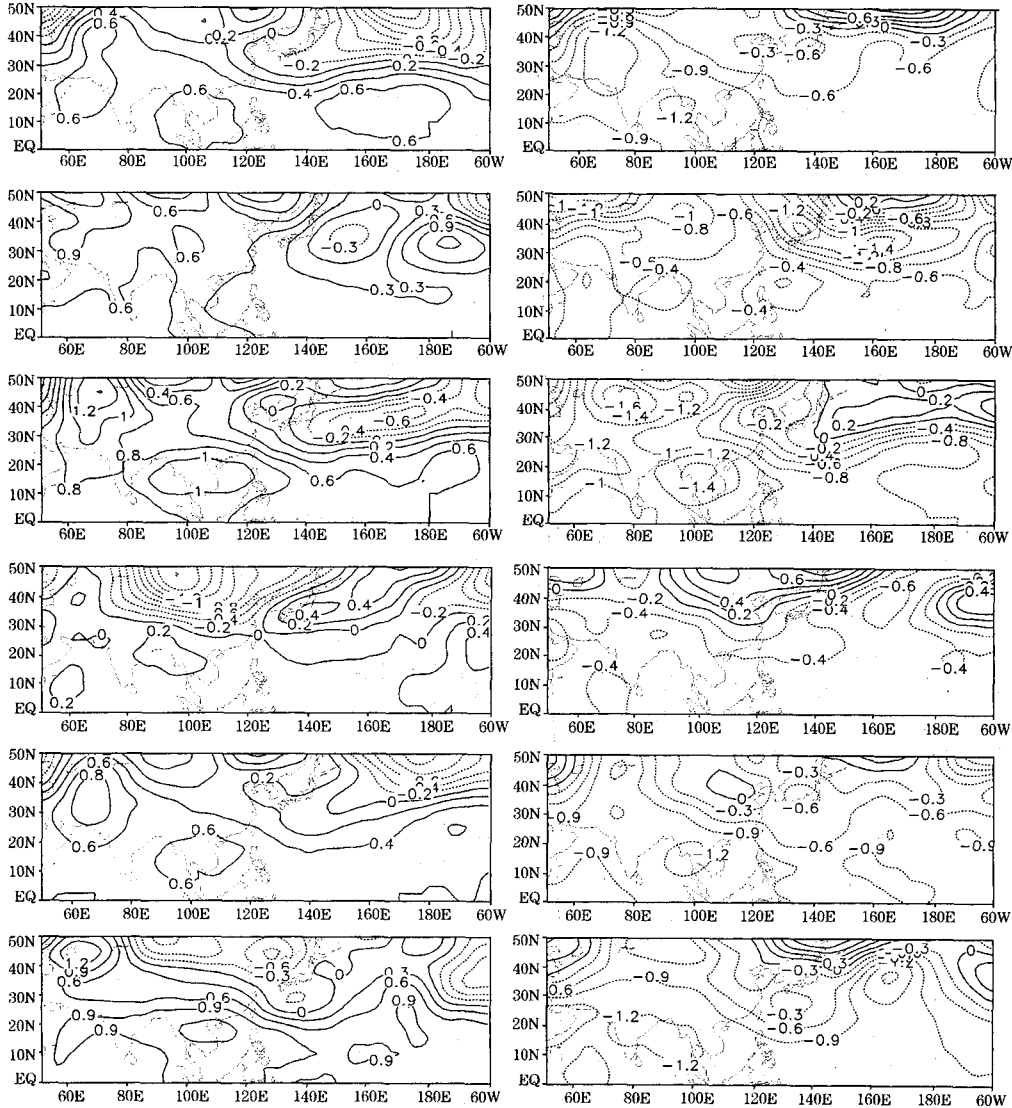


图2 异常海温年6月份500hPa西太平洋副高变化特征(单位:10gpm)
(说明同图1)

年里区域平均高度场以热带整体海洋与大洋暖池冷海温年里降低幅度最大,平均高度场降低了7~8gpm,热带大西洋海区冷海温年里6月份高度场变化最小,降低了4.5gpm。

表5 初夏异常海温年里西太平洋副高的异常变化(单位:gpm)

海区	暖年		冷年	
	5月	6月	5月	6月
EPA	5.82	5.03	-5.19	-7.27
WPA	2.92	3.68	-5.84	-5.48
WPO	2.79	4.01	-8.24	-7.87
IND	4.89	5.57	-5.55	-7.68
ATL	2.57	0.46	-5.93	-4.50
TRO	7.51	7.17	-7.48	-8.61

初夏副高北跳的机制尚未完全认识清楚,不少作者试图用突变论的观点^[10]对其进行解释,强调了经向、纬向加热差可能是西太平洋副高进退的重要因子。吴国雄等^[11,12]指出,异常海温外源强迫是引起气候尺度的副高的变异的主要原因。本文对观测事实的分析表明,海温的持续异常影响了西太平洋副高的变化,而且不同海区的影响程度是不同的。

2.3 对流层欧亚—太平洋地区西风急流

常年状况下,初夏东亚对流层西风急流发生明显的北移,200hPa上非洲大陆北部和日本海的两个急流中心(以下分别称之为大陆急流段和海上急流段)从5月份位于20~30°N之间到6月份减弱北跳到30~45°N之间。图3给出了异常海温年里5月份200hPa欧亚—太平洋地区纬向风场的变化特征。

暖海温年里,欧亚—太平洋地区20~30°N之间纬度带上出现负值带,南支西风急流较常年减弱,特别是大陆段减弱明显,在阿拉伯半岛到伊朗高原上出现了负值中心,但热带印度洋和大洋暖池海区暖海温年里,东亚到海上急流段西风仍较常年偏强。高原北侧的35~45°N之间纬度带上出现正值带,表明高原北侧西风气流加强,特别是欧亚大

陆部分出现了正值中心,西风加强明显。因此,热带海洋暖海温有利于初夏季节西风急流的减弱北移。其中,赤道东太平洋海区、赤道西太平洋海区、热带大西洋海区及热带整体海洋暖海温年里,5月份南支西风急流明显呈现出减弱、北移特点,但热带印度洋海区和海洋暖池暖海温年里海上段西风急流仍较强。

冷海温年里,35~45°N之间的欧亚大陆上基本为负值区,且多有负中心出现,表明高原北部西风气流没有明显加强。高原南侧的南支西风急流在不同海区异常状况下表现不同,对于热带印度洋和热带大西洋冷海温年里,20~30°N之间自地中海到高原一带为正值区,表明西风急流的大陆段仍较常年偏强,南支锋区较强。而赤道东太平洋冷海温年里,东亚沿岸到海上段急流明显较常年偏强,赤道西太平洋海区和海洋暖池冷海温年里南支急流的大陆段虽减弱了,但其北部西风也呈现明显的减弱特征,并未反映出季节转换所应有的变化过程。因此,热带海洋冷海温不利于高原北侧西风急流的加强,对南支西风急流的影响不尽相同。6月份风场的变化与5月份大致相同(图略)。早期工作曾指出热带加热中心可能与北半球西风急流活动有关^[10~18],纪立人等^[13](1998)的数值试验所证实,对于西太平洋洋面上的一个理想热源,通过影响洋面产生扰动而影响了北半球纬向西风的变化,本文观测事实分析也进一步表明,持续异常的海温影响了初夏欧亚—太平洋地区西风急流的减弱北跳,同时也指出,初夏西风急流的变化与不同热带海区海温之间的关系比较复杂。

2.4 东亚大陆及青藏高原温度场

2.4.1 东亚大陆温度场

选取20~45°N、90~120°E范围内东亚大陆的主要部分,计算了该区域内异常海温年里5、6月份对流层低层850hPa东亚大陆温度场的平均变化特征,见表6。

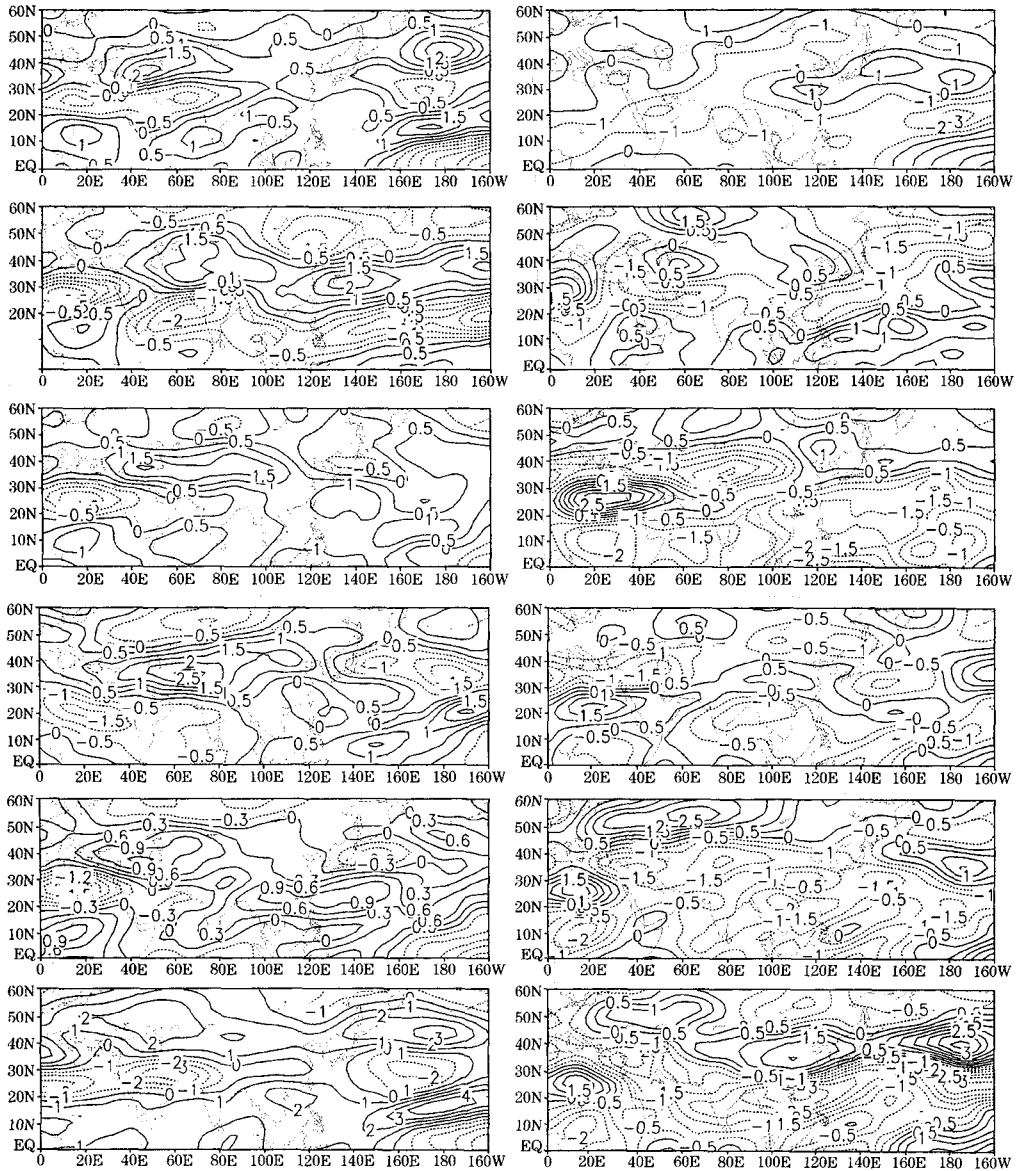


图3 异常海温年5月份200hPa纬向风场额的变化特征(单位: $m \cdot s^{-1}$)
(说明同图1)

表6 异常海温年里850hPa东亚大媒平均温度场变化特征(单位: $^{\circ}C$)

海区	暖年		冷年	
	5月	6月	5月	6月
EPA	0.12	-0.08	-0.16	-0.07
WPA	0.08	0.05	-0.19	-0.15
WPO	0.02	-0.02	-0.01	-0.01
IND	0.04	-0.03	-0.03	-0.02
ATL	0.01	0.00	-0.04	-0.08
TRO	0.15	0.01	-0.15	-0.10

表中可见,东亚大陆平均温度场在冷海温年里普遍较常年偏低了 $0.01 \sim 0.20^{\circ}C$,而暖海温年里5月份较常年偏高,6月份部分偏高、部分偏低。5月份冷、暖海温年里温度不仅呈相反的变化趋势,而且变化幅度较大。6月赤道西太平洋及热带整体海洋暖海温年里温度仍较常年偏高,但变化幅度较小,而赤道东太平洋海区、大洋暖池及热带印度洋海

区暖海温年里东亚温度场较常年略偏低,偏低了 $0.02\sim 0.08^{\circ}\text{C}$ 。可见,冷海温年不利于初夏东亚大陆温度场的季节性增温,暖海温年有利于5月份增温,对6月份东亚大陆温度场的影响不明显。其中,热带整体海洋、赤道西太平洋海区及热带大西洋暖海温有利于初夏东亚大陆温度场增温、冷海温则不利。

2.4.2 青藏高原温度场

选取青藏高原区域为: $20\sim 42.5^{\circ}\text{N}$ 、 $70\sim 105^{\circ}\text{E}$ 范围内大于1500m以上高度的区域,计算分析了高原上空500hPa高度层区域平均的温度场变化,见表7。

表7 热带海洋异常海温年里青藏高原区域平均温度异常变化(单位: $^{\circ}\text{C}$)

高度	海区	暖年		冷年	
		5月	6月	5月	6月
200hPa	EPA	-0.11	-0.03	0.03	0.13
	WPA	0.33	0.14	0.01	-0.19
	WPO	-0.04	-0.13	-0.07	-0.14
	IND	0.09	-0.37	0.05	0.08
	ATL	0.25	0.28	-0.08	-0.30
	TRO	0.22	0.19	0.14	-0.01
500hPa	EPA	0.09	0.00	-0.02	0.03
	WPA	0.24	0.11	-0.06	-0.25
	WPO	0.04	0.02	-0.04	0.01
	IND	0.14	-0.05	0.01	0.08
	ATL	0.12	0.14	-0.07	-0.08
	TRO	0.27	-0.02	-0.09	0.01

暖海温年里,5月份200hPa、500hPa温度场大都较常年偏高,且变化幅度较大,6月份除200hPa大洋暖池、热带印度洋外,温度场基本偏高或接近常年。冷海温年里,除5月份500hPa上温度呈现出偏低特点外,其它均呈现出或偏高或偏低特点。高原上空温度场的这些特征与图3所示对流层西风急流的变化特征是一致的。暖海温年初夏高原上空异常增温,将引起以高原为中心的南北温度梯度发生改变,使高原南侧由北向南的温度梯度减小,高原北侧温度梯度增加,根据热风原理,有利于南支西风急流的减弱北移。而冷海温年里由于高原上空温度场未呈现出一致偏低趋势,使得高原南北两侧西风带未

表现出季节转换所应有的变化过程。

比较各个海区,200hPa、500hPa高度层上,赤道西太平洋、热带大西洋和热带整体海洋暖海温年里高原温度场较常年偏高明显,而赤道西太平洋、热带大西洋冷海温年里特别是对于6月份高原温度场的降低也比较明显,说明上述海区对初夏高原上空温度场的影响较大。

3 结果与讨论

异常海温年里,东亚初夏大气环流呈现出了异常特征。不同热带海区的异常海温年里,系统的变化既有共性,亦有异性,既表现了热带海洋持续异常对大气环流变化影响的全球性,又表现了大气环流对不同海洋响应的敏感性。

(1)热带海洋异常海温年里,南亚高压、西太平洋副高变化规律一致,暖海温年里较常年明显加强,冷海温年里则明显减弱。欧亚—太平洋地区对流层西风急流也呈现出不同的变化特征,暖海温有利于西风急流,特别是大陆段急流的减弱和北移,有利于高原北侧西风急流的加强;冷海温年里表现海上段急流减弱明显,但南支急流或偏强少动,或与高原北侧西风气流均表现出减弱特征,没有体现出急流北移的季节特征。

(2)热带海洋异常海温年里,东亚大陆近地面平均温度场变化规律明显,冷海温年里东亚大陆平均温度场明显较常年偏低,而暖海温年里大都明显偏高,只有6月份赤道东太平洋海区、大洋暖池及热带印度洋海区暖海温年里东亚温度场较常年略偏低了 $0.02\sim 0.08^{\circ}\text{C}$ 。初夏高原上空温度场在暖海温年里明显偏高,冷海温年里5月份500hPa温度场明显偏低。其中赤道西太平洋、热带大西洋及热带整体海洋异常海温对高原温度场的影响较大,呈现出暖年温度偏高、冷年温度偏低特征。

上述环流变化特征表明,热带海洋海表温度持续异常影响了初夏东亚大气环流的异常变化,进而影响了东亚初夏季节转换过程。

参考文献

- 1 Flohn H. Contributions to meteorology of the Tibetan Highland., Atmos. Sci. Paper, 1968, 130, Colorado State Univ. Ft. Collins.
- 2 Hahn D G, and S Manabe., The role of mountains in the South Asia monsoon circulation., J. Atm. Sci., 1975, 32; 1515—1541.
- 3 Si Gong-Wang, Kato Kuranoshin, Takeda Takao., The early summer seasonal change of large-scale circulation over East Asia and its relation to change of the frontal features and frontal rainfall environment during 1991 summer., Advances in Atmospheric Sciences, Beijing, China. 1995, 12(2): 151—176.
- 4 Park Chung-Kyu, Schubert Siegfried D., On the nature of the 1994 East Asian summer drought., Journal of Climate, Boston, MA. 1997, 10(5): 1056—1070.
- 5 Cai Y, Qian Z-A, Song M-H., Contrast Analyses on Water Vapor and EASM between Dry and Wet Years of Northwest and North China. Plateau Meteorology. 2003, 22(1): 13—23.
- 6 Hwu Jyh-Wen, Wang Jough-Tai., Springtime East Asia large scale characteristics post ENSO. Part II: The circulation pattern of different levels., Atmospheric Sciences, Taiwan, Republic of China. 1994, 22(3): 361—385.
- 7 Webster P J, et al., Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997—1998. Nature, 1999, 401; 356—360.
- 8 吴国雄, 孟文. 赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件. I 资料分析, 大气科学, 1998, 22(4): 470—480.
- 9 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦. 东亚季风, 北京: 气象出版社, 1991: 162—176.
- 10 董敏, 余建锐, 高守亭. 东亚西风急流变化与热带对流加热关系的研究, 大气科学, 1999, 23: 62—70.
- 11 Krishnamurti T N., Compendium of meteorology, 1979, 2, part 4: Tropical meteorology, Rep. 364, World Meteorological Organization, Geneva, 1979.
- 12 Yang S, and P J Webster., The effect of summer tropical heating on the location and intensity of the extratropical westerly jet streams., J. Geophys. Res., 1990, 95; 18705—18721.
- 13 巩远发, 纪立人. 西太平洋副热带高压中期变化的数值实验, 热带气象学报, 1998, 14(3): 106—112.

Effect of Persistent Anomaly of Sea Surface Temperature in Tropical Ocean on Atmospheric Circulation in Early Summer in East Asia

Yuan Jiashuang Zheng Qinglin

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

By the use of monthly mean sea surface temperature anomaly (SSTA) data and reanalysis data from NCAR/NCEP, study of circulation transformation characteristics in the early summer (May or June) in East Asia under the conditions of persistent SSTA is conducted. The results indicate that in the warmer SSTA years, South Asia high and the subtropical high over western Pacific enhanced obviously, in contrast, in colder SSTA years. Subtropical westerly jet of the Northern Hemisphere over Asia-Europe land weakens and shifts northward clearly in warmer years, contemporary, temperature in lower troposphere over East Asia land is higher than or closes to normal, near surface temperature over the Tibetan Plateau is also above normal, while in colder years, temperature mentioned above is lower than or closes to normal, especially for temperature over the Plateau in May. It suggests that persistent SSTA are of great influence to seasonal transitions for East Asia in early summer.

Key Words: SSTA seasonal transition South Asia high subtropical high