

热带海温变化与高原季风发展*

马振锋 高文良

(成都高原气象研究所, 成都 610072)

提 要

利用 NOAA 长波辐射 OLR, NCEP/NCAR 再分析格点资料, 探讨了热带太平洋、印度洋海温等环境场变化与高原季风发展的联系。揭示了春季孟加拉湾和南海以及西太平洋暖池附近海表增温、赤道东太平洋降温有利于高原夏季风发展。分析了高原季风强弱年同期和前期 SST 场、风场和 OLR 场演变特征。结果表明, 高原季风强弱年热带环境场存在明显差异。高原夏季风发展时 SSTA 从春季到夏季, 孟加拉湾经南海到西太平洋 SST 呈正距平, 赤道中东太平洋 SST 负距平发展, 表现为 La Nina 特征。反之, 高原夏季风减弱时 SSTA 在孟加拉湾和南海地区 SST 呈负距平, 东南太平洋 SST 正距平发展。表现为 El Nino 特征。

关键词: 高原季风 西太平洋海温 相互联系

引 言

理论与实践告诉我们, 夏季三峡库区旱涝不仅与东亚季风气流加强和异常活动有关, 而且也与高原季风异常有关。我国学者^[1, 2]将季风区中的地面系统与高空环流联系起来, 对东亚的大型天气过程进行了分析, 提出了青藏高原气流分支和阻挡作用, 热源热汇的分布特征, 季节的突变, 梅雨形成等新概念; 发现了东亚季风环流系统的存在, 并对东亚夏季风的最早爆发及其机制进行了研究; 指出了东亚季风活动与中国降水和旱涝有密切关系。这些研究成果在我国东部地区短期气候预测业务中得到了很好的应用。而对高原季风的研究工作则相对较少。汤懋苍等^[3]对高原季风年际变化规律及其成因分析指出, 由于高原对大气的热力作用, 使高原主体之上冬季为冷高压, 夏季为热低压; 在近地面的山谷风之上, 气流有相反年变化, 形成高原季风。它是独立于东南季风和西南季风体系之外的一种新的季风体系。那么, 高原季风是否和东亚季风其他成员一样与热带海温异常有关呢? 本文试图对它们之间的联系做些分析。

1 资料及分析方法

本文利用 NCEP/NCAR 1950~1995 年全球 SST, 1975~1995 年的 850 hPa、200 hPa 风场再分析资料, NOAA 1975~1995 年(缺 1978 年) OLR 资料, 采用合成分析和相关分析法, 对高原夏季风强弱年同期和前期热带 SST 场、风场和 OLR 场演变特征和相关关系

* 本文由“九五”中国气象局青年基金资助。
2001-9-24 收到, 2002-05-15 收到修改稿。

进行了分析,以揭示高原季风和西太平洋海温异常之间的联系,从而获取预测高原季风异常的前兆信号。

2 高原夏季风强弱年热带环境场特征

汤懋苍等^[4]对高原季风区的平均气压场、高低层盛行风场以及相应的降水场特征进行了分析和总结。本节采用文献^[3]给出的高原季风定义,用 NCEP/NCAR 资料计算的 1951~1995 年高原夏季风序列,从中选取 8 个峰值年(1953、1958、1965、1966、1967、1972、1988 和 1994 年)和 10 个谷值年(1963、1971、1973、1976、1977、1978、1980、1983、1984 和 1986 年)代表强弱夏季风年,用合成分析法讨论强弱夏季风年对应的热带海温场、风场、OLR 场前期(3~5 月)和同期(6~8 月)特征。

2.1 热带海温场特征

为了反映高原夏季风异常与热带海温场的联系,我们对夏季风强、弱年同期和前期 SSTa 合成场进行了分析,结果表明,季风强、弱年对应的热带 SSTa 场有显著不同。夏季风强年,SSTa 主要特征是(图 1 a):赤道中东太平洋维持大范围的海温负距平,小于 $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的负距平中心位于赤道东太平洋地区,西北太平洋和北太平洋地区($10^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$)维持东西向分布的正距平带,孟加拉湾和南海及西太平洋暖池地区($0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}, 130^{\circ}\text{E}\sim 180$)以弱正距平占优势,而印度洋则维持大范围弱的海温负距平;在春季 SSTa 图上(图略),太平洋上 SSTa 分布形和夏季非常相似,但东太平洋负值区的范围、量值均有不同程度的减小,暖池正距平范围向东扩展,印度洋则被大范围弱的正距平所取代。夏季风弱年,夏季 SSTa 图上(图 1 b),南海和孟加拉湾以及赤道中太平洋地区以弱的负距平为主,东南太平洋存在明显的正距平,印度洋在 20°S 以北大范围洋面呈负距平,在其南部海域($20^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{S}, 60^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$)则出现了正距平分布;春季 SSTa 分布上(图略),除印度洋为正距平外,太平洋上的

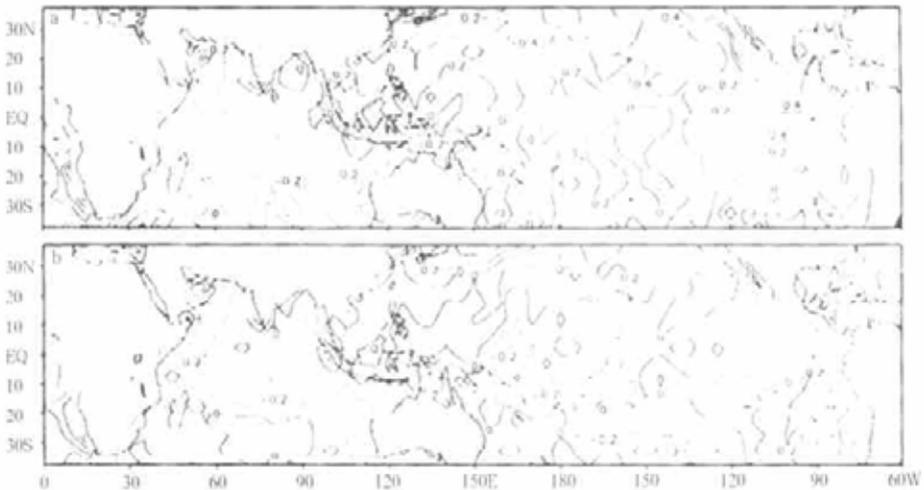


图 1 高原夏季风强年(a)和弱年(b)SSTA 合成场分布

SSTA 分布与夏季基本相同。综合分析,高原夏季风强、弱年,热带 SSTA 主要差异在于:强夏季风年,从春季到夏季,孟加拉湾经南海到西太平洋 SST 呈正距平,赤道中东太平洋 SST 负距平发展,表现为 La Nina 特征。印度洋上则由弱的正距平转化为弱的负距平;弱夏季风年,孟加拉湾和南海以及赤道中太平洋地区 SST 呈负距平,东南太平洋 SST 正距平发展。印度洋上则由弱的正距平转化为南正北负的 SSTA 分布形式。

2.2 热带 OLR 场特征

图 2 给出高原夏季风强、弱年对应夏季热带低纬 OLR 距平合成场分布,可见强弱夏季风年对应的 OLR 分布类型几乎是相反的。高原夏季风强年(图 2a),夏季从印度经过孟加拉湾到我国南海南部海域,以及印度洋和西北太平洋大范围地区皆为负值区。其中在印度中北部地区对流最强,OLR 合成距平值达到 $-15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。另一个强对流区出现在赤道印度洋和加勒比海北部地区,中心值超过 $-15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,而 OLR 正值中心出现在赤道中东太平洋的冷水区中。高原夏季风弱年(图 2b),从印度洋到孟加拉湾北部,再到南海和西太平洋地区为正值区,OLR 正值中心位于北印度洋上,达到 $4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,而赤道中东太平洋则为 OLR 负值区。而春季的 OLR 分布图(图略)基本与夏季表现出的特征相似。只是在强季风年,OLR 负值中心出现在南海北部,而非印度地区,南海负值区向南扩展至赤道以南地区。另外,赤道中东太平洋的正值区范围更加扩大。在弱季风年,春季印度洋至南海的正值区数值比夏季减小,赤道东太平洋维持 OLR 负值区,在中太平洋上($0^\circ \sim 10^\circ \text{N}, 150^\circ \text{E} \sim 150^\circ \text{W}$)出现了 $12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的正值中心。高原季风强弱对应热带 OLR 两种分布的差异,表明高原夏季风强年,春夏季印度洋、孟加拉湾和南海以及南海地区上空对流偏强,赤道中东太平洋地区对流偏弱。而弱季风年则相反。由于 OLR 值反映的是大气垂直对流强度的重要指标,因此,对于高原季风来说,当夏季风偏强时,增强印度洋到南海南部及赤道地区的 Hadley 上升气流。反之,减弱该地区 Hadley 上升气流。因此,强季风年表现出 La Nina 特征,而弱季风年表现为 El Nino 特征。

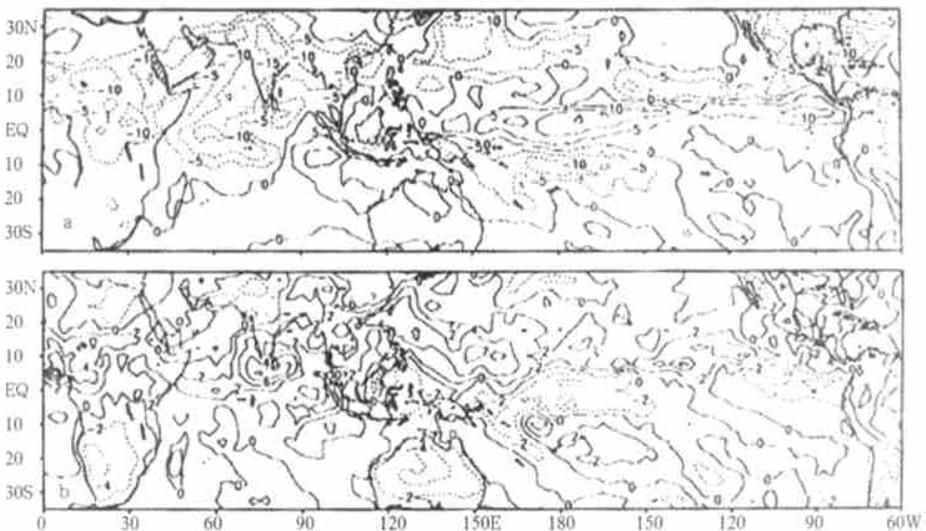


图 2 高原夏季风强年(a)和弱年(b)对应热带夏季 OLR 合成距平场分布

2.3 热带风场特征

由于高原夏季风强、弱年热带 OLR 场分布存在明显差异,所以 Walker 环流强度在强、弱季风年应该不同,致使热带太平洋信风强度发生异常变化。图 3 是高原夏季风偏强(图 3a)和偏弱(图 3b)对应夏季 850 hPa 纬向风分布。由图可见,高原夏季风强年,从印度洋到赤道太平洋大部地区在低层盛行东风,在赤道印度洋和赤道中东太平洋分别有两个大于 $-20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $-30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东风中心。在强东风带的北部,即从印度至我国华南,再通过台湾岛到北太平洋西风漂流区有一西风带,表明赤道辐合带偏北。在弱季风年,热带洋面大部盛行西风气流。在 850 hPa 经向风图上(图略),强季风年在热带副热带地区吹南风,在印度洋西北部和孟加拉湾地区各有一南风中心,表明高原季风偏强。而弱季风年在北印度洋至我

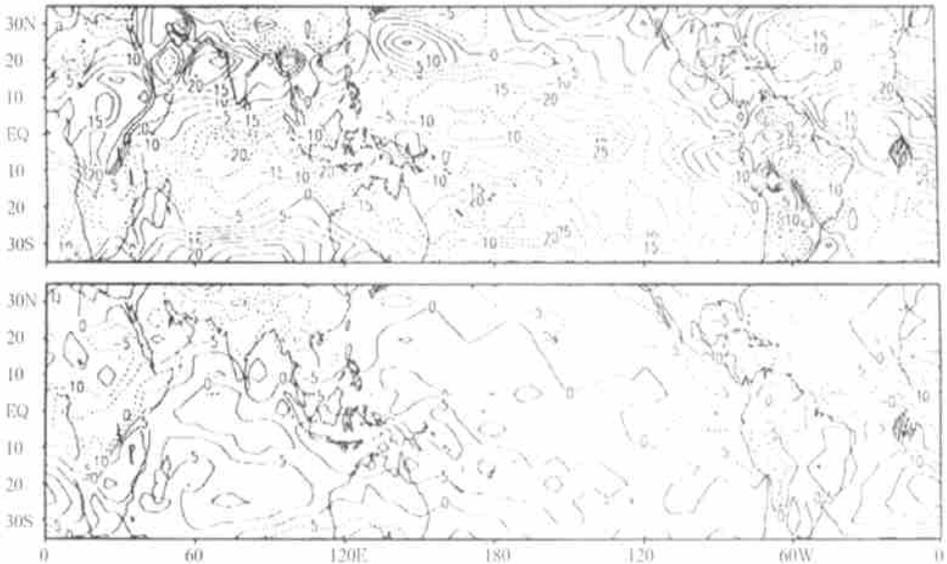


图 3 高原夏季风强年(a)和弱年(b)对应热带夏季 850 hPa 纬向风场分布

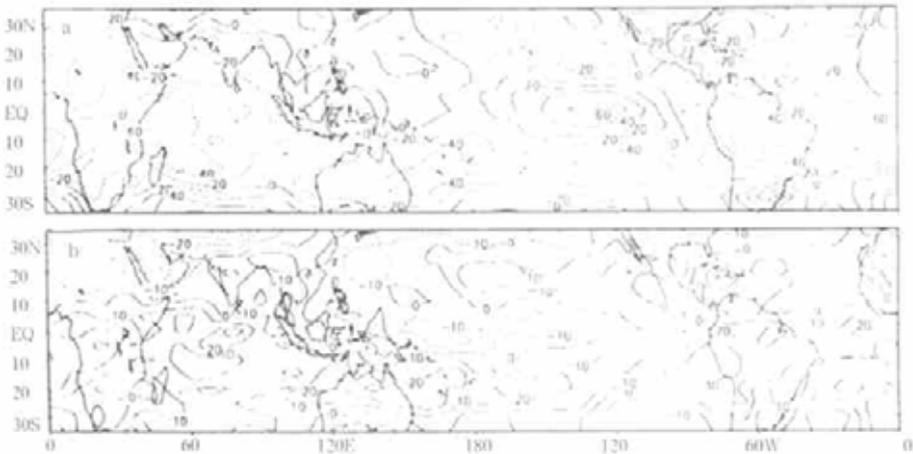


图 4 高原夏季风强年(a)和弱年(b)对应热带夏季 200 hPa 纬向风场分布

国南海一带基本吹弱北风,表明季风偏弱。在夏季 200 hPa 纬向风场上(图 4),强季风年(图 4a)在赤道太平洋上盛行西风,在中东太平洋有一大于 $60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西风中心,构成了一个完整的 Walker 环流圈。而热带印度洋上仍保持东风,东西风分界线大约位于“两洋”之间缅甸至马来西亚一带。弱季风年(图 4b)则在印度洋和孟加拉湾上空盛行西风,赤道中西太平洋上盛行东风,表明“两洋”之间有大气辐合。在高层经向风图上(图略),强季风年在南海和西太平洋地区仍然吹南风,印度洋则吹北风,表明南海及其以东洋面较北印度洋南风深厚。而弱季风年除南海附近存在弱的南风外,其余在孟加拉湾和西太平洋地区均吹北风。分析春季的高低层风场(图略),发现印度洋从春季到夏季的变化并不明显,而太平洋西、中部地区变化相对显著,特别是低层 850 hPa 纬向风分布,从春季到夏季几乎相反。

3 高原夏季风与热带环境场遥相关分析

我们利用相关分析法,讨论高原夏季风异常与春季热带环境场之间的联系,试图从统计学角度探索影响高原夏季风发展的前期信号因子。

图 5 是高原夏季风序列与春季热带海温相关场。由图可见,通过信度 $\alpha=0.05$ 的显著相关区域主要有 4 个,它们分别是:孟加拉湾和日本东南部洋面的正相关区,马达加斯加岛南部海域和澳洲东北部的负相关区。这 4 个显著相关区与上节给出的高原强弱夏季风对应的热带 SSTa 合成场分析结果基本一致,表明春季孟加拉湾和日本东南洋面海温正距平以及西印度洋马达加斯加岛南部海域和澳洲东北部负距平对高原夏季风发展有显著影响。

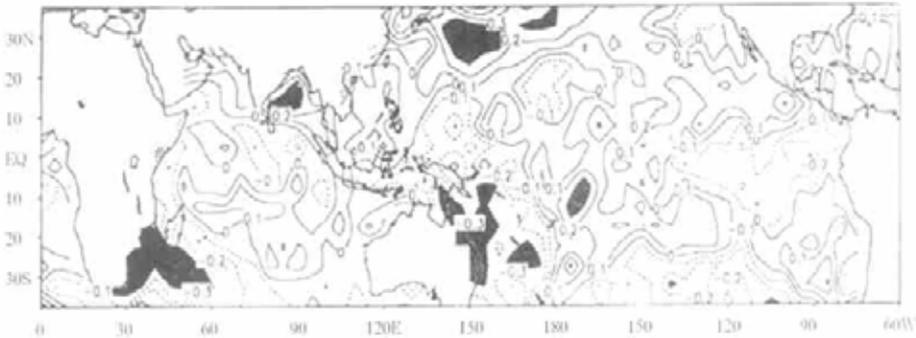


图 5 高原夏季风与春季热带 SST 场的相关分布(阴影区是通过 0.05 信度检验区)

图 6 是高原夏季风序列与春季热带 OLR 相关场。可见,相关范围最大的显著区位于我国南海南部大范围海域,相关系数超过 -0.5 ,通过 0.01 的信度检验。表明在整个热带 ($35^{\circ}\text{S} \sim 35^{\circ}\text{N}$) 地区,我国南海地区对流与高原夏季风关系最好,当春季南海对流强时,有利于夏季高原季风发展。

图 7 给出高原夏季风与春季热带 200 hPa u (图 7a)、 v (图 7b)风场的相关。在 u 风场相关图上,在南美洲大部和赤道及其南部非洲地区存在大范围的负相关区,表明在该区域上空春季 200 hPa 盛行东风气流越强,越有利于夏季高原季风发展。该相关区域主体位于大陆上,可能与低层陆面强烈增温对高层大气的影响有关。在 v 风场相关图上,高原夏季风除

与春季南美洲大陆经向风存在明显的正相关,与赤道西印度洋和赤道东太平洋经向风呈负相关外,值得注意的是与我国南海和菲律宾区域的南风分量成正相关。同样,高原夏季风与春季低层 850 hPa u 、 v 风场有很好的相关关系(图略)。在 u 风场上,与高层 200 hPa 南美洲上空负相关区相对应,在低层 850 hPa 上则为一显著正相关区,另一显著负相关区出现在夏威夷岛及其以东地区。在 v 风场上,主要显著正相关区位于 105°E 赤道附近和我国南海北部地区,另外两个显著正相关区则是与高层两个显著负相关区对应,不过所有这些相关区范围较高层显著缩小,但仍然可表明夏季高原季风与春季南海季风强弱有密切联系。

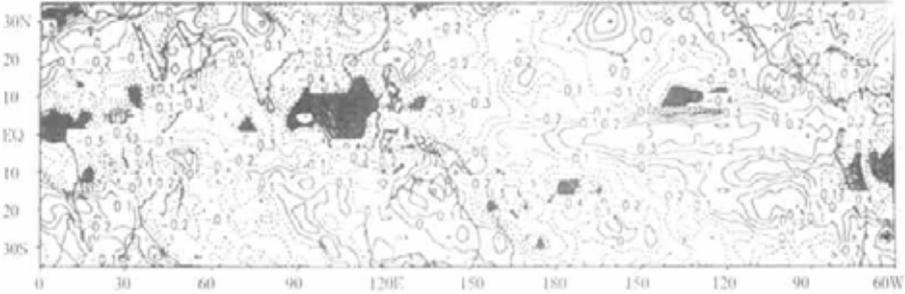


图 6 高原夏季风与春季热带 OLR 场的相关分布(阴影区说明同图 5)

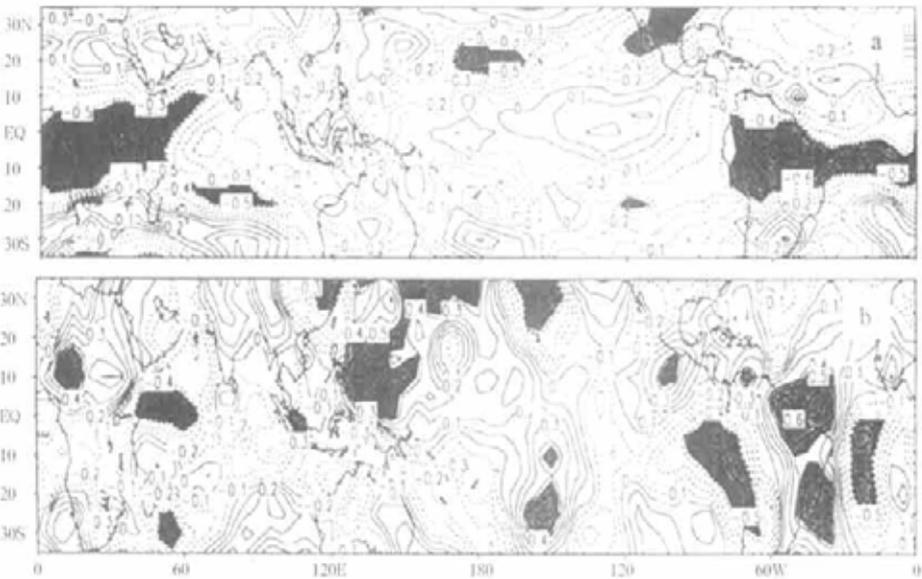


图 7 高原夏季风与春季热带 200 hPa u (a)、 v (b) 风场的相关分布(阴影区说明同图 5)

4 结论和讨论

高原夏季风强、弱年对应春夏季热带 SSTA、OLR 和风场存在明显差异。合成分析结果

表明,高原夏季风偏强年 SSTA 分布呈 La Nina 型的特点,而季风偏弱年 SSTA 分布呈 El Nino 型的特点。

SSTA 异常一方面引起西太平洋副热带高压活动异常,另一方面导致经纬向热力环流产生异常。当 SSTA 呈 El Nino 型分布时,北方涛动偏弱^[5],北半球副热带高压偏弱,位置偏南。又由于赤道西太平洋 SSTA 负距平分布占优势,东太平洋正距平占优势,所以西太平洋和中东太平洋间由于纬向海温差形成的直接热力环流圈其上升支位于中东太平洋,下沉支在西太平洋,这与通常的 Walker 环流方向相反。在 La Nina 型 SSTA 分布情形下,北半球副热带高压偏强,位置偏北。又由于春季西太平洋 SST 偏高,对流活动旺盛,西太平洋与东太平洋间的热力环流在增强 Walker 环流的同时,也增强了经向的季风环流,使南海季风和高原夏季风发展。

上述分析和讨论可以得到以下主要结论:

(1) 高原夏季风强年,春夏季孟加拉湾、青藏高原和南海海域以及赤道暖池上空对流发展,增强南海南部及赤道地区的 Hadley 上升气流。反之高原夏季风弱年,上述地区 OLR 图上维持正值,对流偏弱,减弱该地区 Hadley 上升气流。

(2) 高原季风强年,赤道中东太平洋为负距平,而孟加拉湾和南海及其以东暖池地区为正距平,表现为 La Nina 型 SSTA 分布特点。相反,高原季风弱年,赤道东太平洋地区为正距平,而南海及其以东暖池地区为负距平。表现为 El Nino 型 SSTA 分布特点。

(3) 高原夏季风偏强,赤道太平洋高层盛行西风距平,低层维持东风距平。而夏季风偏弱时,赤道太平洋高层盛行东风距平,低层维持西风距平。

(4) 高原夏季风与春季热带环境场存在很好的相关关系。这有助于我们利用春季热带环境场分布特征来预测夏季高原季风强弱,进而预测高原东侧夏季旱涝。

参考文献

- 1 陈隆勋,朱乾根,罗会帮,等著.东亚季风.北京:气象出版社,1991.
- 2 丁一汇,何金海,陈隆勋.亚洲季风.北京:气象出版社,1994.263~265.
- 3 汤懋苍,梁娟,邵明镜,等.高原季风年际变化的初步分析.高原气象,1984,3(3):76~82.
- 4 汤懋苍,程国栋,林振耀.青藏高原近代气候变化及对环流的影响.广州:广东科技出版社,1998.164~172.
- 5 陈烈庭.北方涛动与赤道太平洋海温和降水.科学通报,1984,29(19):1190~1192.

RELATIONSHIP BETWEEN TROPICAL SEA SURFACE TEMPERATURE CHANGE AND MONSOON DEVELOPMENT OVER THE PLATEAU

Ma Zhenfeng Gao Wenliang

(Plateau Meteorological Institute of Chengdu, Chengdu 610072)

Abstract

By using NOAA OLR data and NCEP/NCAR reanalysis grid data, the relationship of tropical Pacific and Indian Ocean SST background field changes and the development of monsoon over the Plateau are analyzed. Results show clearly that the SSTA increase on the Bengal gulf, South Sea and West Pacific warm pool in spring is favorable to the development of the summer Plateau monsoon,

while the increase in the eastern equatorial Pacific SSTA has the opposite effect. The evolutionary characteristics of the prophase and synchronous SSTA fields, wind fields and OLR fields are also analyzed. Results show that there is great difference in the tropical background field between weak and strong monsoon years over the Plateau. During the development of Plateau monsoon from spring to summer, SSTAs over the Bengal gulf, South Sea and West Pacific are positive, but negative over the eastern equatorial Pacific at the same time, displayed the characteristics of La Nina; and vice versa, displayed the characteristics of El Nino.

Key words: Tibet Plateau Monsoon West Pacific SST Inter-connection