

南海及其邻近地区夏季风爆发的 特征及其机制的初步研究*

陈隆勋 刘洪庆 王 文 王予辉

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

山崎信雄

(气象研究所, 筑波, 日本)

摘 要

利用 OLR 和 TBB 资料, 提出一个指标, 确定了 1975~1993 年间南海夏季风爆发日期, 发现与风向转变的日期比较一致。在此基础上, 讨论了南海夏季风爆发的过程。随后, 还讨论了南海夏季风爆发与海温异常、高原热状况和海陆温差变化的关系, 发现它与 4 月份南海、东太平洋赤道以及 30~40°N SSTa 有关, 与海陆温差由冬季的冷陆暖海转变到热陆冷海有关。
关键词: 南海夏季风爆发, 海温异常, 高原热状况, 海陆温差。

1 引 言

早在 1981 年, 陈隆勋、罗绍华、沈如桂^[1] (1981) 就指出, 南海夏季风降水开始于 5 月中旬, 而孟加拉湾夏季风降水开始于 5 月下旬, 若以降水定义季风爆发, 则在亚洲夏季风爆发中, 南海爆发开始最早, 随后向西传播。他们指出, 高空夏季南支东风急流也开始出现于南海, 随后扩展到孟加拉湾。Tao S-Y 和 Chen L-X^[2] (1987) 结合印度学者的资料绘出亚洲夏季风爆发的日期图, 指出南海是亚洲夏季风爆发的源地。随后, Lau K M 和 Yang S^[3] (1996) 用 OLR 资料, Chen L-X 和 Song Y^[4] (1996) 用 TBB 资料作了沿南海所在经度的时间剖面图, 一致发现南海的对流云带在 5 月上旬以前位于赤道, 而于 5 月中旬突然北跳到 10~15°N。依 Jun Matsumoto^[5] (1992) 给出的 5 d 平均图, 该时期也正是副热带高压自南海撤退到西太平洋的平均日期, 在撤退同时, SW 季风推进到南海中部。

但是, 南海夏季风爆发有很大年际变化。Chen L-X 和 Song Y^[4] (1996) 指出, 在 1981~1992 年的 12 a 中, 爆发日期可以早于 4 月末和迟于 6 月上旬。阎俊岳 (1996) 用西沙的风来确定南海夏季风爆发日期, 也发现有很大年际变化。因此有必要对于这种年际变化特征, 作进一步研究。

* 初稿时间: 1997 年 3 月 19 日; 修改稿时间: 1997 年 6 月 25 日。

资助课题: 国家自然科学基金会 49375245 项目和“中日亚洲季风机制合作研究”项目资助。

与此同时,许多学者也提出有关南海夏季风爆发的机制。曾提出过季风爆发起因于东南亚南半球的越赤道气流(陶诗言,何诗秀和杨祖芳^[6],1983),起因于亚洲温带系统的激发(Chang C-P^[7] and chen T-G, 1995^[7]),起因于西太平洋云团西传到南海的激发作用(Chen L-X 和 Song Y, 1996)以及起因于青藏高原加热的东传(Yanai M, Li C-F 和 Song Z-S, 1992)^[8]。如此众多的机制假说,有必要作进一步验证。

这里认为,对于南海夏季风爆发特征及其机制的研究,首先应该是确定一个爆发的定义以确定其指标,然后研究其特征,这样才能得到可靠的机制。为此,作了有关研究。文中将提出一个用 OLR 和 TBB 资料来确定南海夏季风爆发的指标。在此基础上,研究了爆发特征,最后研究了爆发的可能机制。

2 资料

文中所用资料为:

(1) OLR 资料:时段为 1975 ~ 1993 年,水平分辨为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度。

(2) TBB 资料:取自日本 GMS 卫星的观测,1981 ~ 1991,水平分辨率原为 $1^\circ \times 1^\circ$;现平均经过改为 $3^\circ \times 3^\circ$ 。由原每天 8 次观测资料计算处理,现已合成为日平均值。

(3) 全球 SST 资料:月平均,水平分辨 $7.5^\circ \times 4^\circ$ 经纬度,1946 ~ 1996 年。由美国夏威夷大学 ENSO 中心整理提供。

(4) 西沙站 SST 资料:每日一次,1961 ~ 1992。

(5) 包括西沙、广州、武汉和西藏测站的地面资料。

3 南海夏季风爆发日期的确定

为了比较各地区 TBB 值在夏季风爆发期的逐日变化,分别绘制了南太平洋西部(WPS, $0 \sim 10^\circ \text{S}$, $120 \sim 140^\circ \text{E}$),北太平洋西部(WPN, $0 \sim 20^\circ \text{N}$, $120 \sim 140^\circ \text{E}$),青藏高原南部(TPS, 30°N , $80 \sim 100^\circ \text{E}$ 以南高原地区),南海(SCS, $10 \sim 20^\circ \text{N}$, $110 \sim 120^\circ \text{E}$)和孟加拉湾(BB, $10 \sim 20^\circ \text{N}$, $85 \sim 95^\circ \text{E}$)等地区 1980 ~ 1991 期间 4 ~ 7 月 TBB 的多年平均逐日曲线(图 1)。由图 1 可见,WPS, WPN, TPS, 和 BB 的变化十分连续,看不到有突然变化,但 SCS 在 5 月中旬有一次突然下降,降到 270 K 以下,随后于 6 月上旬又有一次突然下降。前者相当于南海季风爆发,后者相当于长江梅雨开始日期。此外,还看到孟加拉湾地区 TBB 连续下降到 5 月末,之后保持准稳定状态,5 月末是孟加拉湾夏季风爆发的平均日期。因而, ($10 \sim 20^\circ \text{N}$, $110 \sim 120^\circ \text{E}$) 地区 TBB 平均值可以作为南海南部季风爆发的指标。南海地区的 OLR 曲线变化特征也和 TBB 的变化完全一致。图 2 为 1975 ~ 1994 年南海中部地区($10 \sim 20^\circ \text{N}$, $110 \sim 120^\circ \text{E}$) 4 ~ 6 月多年平均的 OLR 逐日变化曲线。可以看到,与 TBB 一样,在 5 月中旬也有一次下降,OLR 值降到 220 W/m^2 以下。图 3 为 1980 ~ 1991 年各年的 SCS 地区 4 ~ 6 月 TBB 变化曲线,可以看到各年 4 ~ 6 月间都有一次突然变化,即前期 TBB 值变化不大,经过一次突然下降后,TBB 值有很大振荡。若以第一次 TBB 和 OLR 值突然下降并且 TBB 低于 270 K , OLR 低于 220 W/m^2 为标准来作为南海季节变化日期,其日期见表 1 的第 1, 2 列。表中第 3 列为阎俊岳(1997)^[9]定出的西沙站风向由东风变为西风的日期(作为由风定出的南海夏季风爆发日期。阎俊岳规定的指标为低空(925

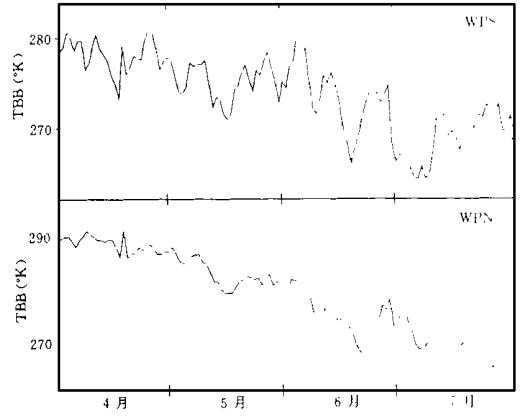
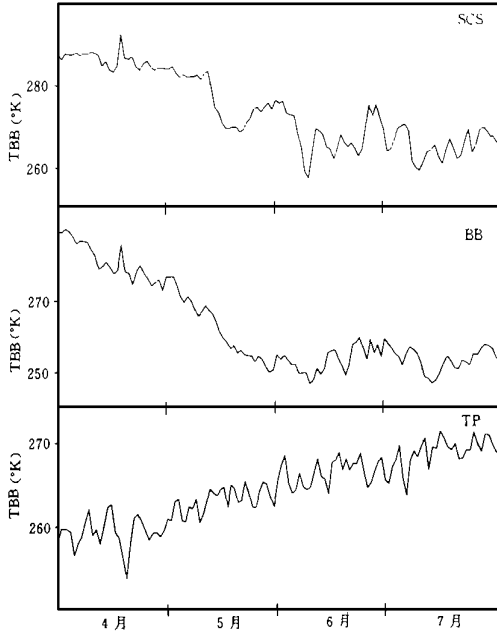


图1 南海、孟加拉湾、青藏高原南部 (TPS)、南太平洋西部、北太平洋西部地区 1980~1991年间(4~7月)的TBB逐日平均值多年平均(1980~1991年)的变化曲线(K)

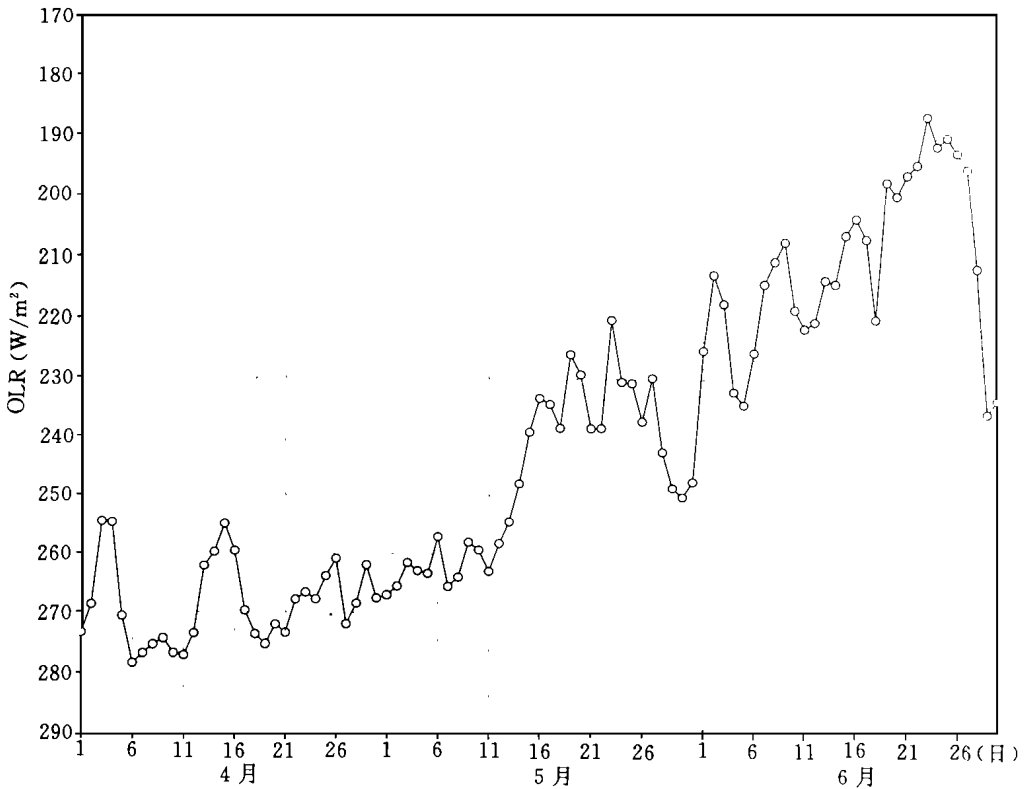


图2 南海中部(10~20 N, 110~120 E)4~6月逐日 OLR 值的多年平均(1975~1994年)变化曲线

hPa 或 850 hPa) 西南风持续 5 d 且最大风速 10 m/s , 同时中南半岛持续西南风, 最大风速 8 m/s 。其中, 1986 ~ 1991 年已由阎俊岳本人作过第二次校正。

由表 1 可以看到, 从平均而言, 由 1980 ~ 1991 年 TBB 定出的南海南部季风爆发平均日期为 5 月 17 日, 而 OLR 为 5 月 16 日。由 1986 ~ 1995 年西沙站风向变化定出的日期为 5 月 15 日。3 个指标平均日期只相差 2 d。比较 TBB 和 OLR 定出的各年季风爆发日期可见, 各年变化有迟有早, 差异很大。OLR 和 TBB 日期与西沙风变化日期(第二次订正后的 1986 年以后日期)相当相近, 但 1985 年以前的可以相差很大。从南海季风爆发平均日期总体情况来看, TBB 和 OLR 的突变与西沙风变化是相当同步的。

4 南海夏季风爆发过程

Chen L-X 和 Y. Song(1996)^[4]以及南海季风试验科学报告(1996)^[10]均指出, 对南海季风爆发过程而言, 在流场变化上主要是爆发前占据南海的副热带高压突然向东撤退到西太平洋, 南海由东风控制变为 SW 季风控制, 对流云带由赤道附近向北跳到 $10 \sim 20 \text{ N}$ 。利用 1981 ~ 1991 年 TBB 资料并以表 1 爆发日期为标准日, 计算了前后 3 个候的 TBB 平均分布(图 4)。由图 4 可见, 爆发前的第 3 候(-3, 图 4a), 南海 $10 \sim 20 \text{ N}$ 间为 TBB 高值带, 表示由副热带高压控制, 低值带位于赤道附近, 在婆罗洲和苏门答腊分别形成两个中心。到前第 2 候(-2, 图 4b), TBB 高值带仍控制在南海, 前述的两个低值中心仍未有明显变化。前第 1 候(-1, 图 4c), TBB 高值带断裂出南海和西太平洋两个高值中心, 主体在西太平洋。苏门答腊的低中心向北扩展并加深。到爆发第 1 候(1, 图 4d), 南海高值中心撤退到北部并变弱, 副热带高压带的 TBB 高值带完全撤出南海, 赤道低值中心北移。自孟加拉湾到南海的 TBB 低值带北跳到 10 N 附近, 中心在孟加拉湾($10 \text{ N}, 95 \text{ E}$)。在此候, 撤退到西太平洋的 TBB 高值带中心也北跳到 20 N 附近。此外, 澳大利亚北部的高值中心也北跳。到爆发后的第 3 候(3, 图 4e), 孟加拉湾始终维持一个低值中心, 数值低于南海, 表示孟加拉湾对流强于南海。从以上分析来看, 副热带 TBB 高值带撤出南海后, 原在赤道附近的孟加拉湾和南海 TBB 低值带是同步北跳的。缅甸气象局确定缅甸的夏季风爆发为 5 月下旬, 马来西亚气象局确定马来西亚的夏季风爆发为 5 月中旬, 是十分一致的。从流场来看, 当副热带高压控制南海时, 其前缘的转向 SW 风和在其以西地区的低空赤道西风或南支槽西风汇合于中南半岛西侧, 该区对流云发展, TBB 值小。这种辐合在 4 月就可以发生, 但其西风是副热带高压转向的西风, 不是真正的热带西风, 所以本文不定义为热带季风爆发。

另外, 还对各年的爆发特征作了研究, 初步可以分为 3 个特征:

(1) 爆发早迟: 规定 5 月 11 ~ 20 日爆发的为正常(N), 5 月 10 日前爆发的为爆发早(E), 5 月 21 日以后爆发的为爆发迟(L);

(2) 爆发云带来源: 来自赤道的为热带型(A), 来自北方的温带型(B), 热带温带都作出贡献的为综合型(C);

(3) 连续性: 爆发后云带长期维持的为连续型(G), 爆发后云带维持不久, 以后又发生的为间断型(H)。

从表 1 中特征栏可以看到 18 a 中有 5 a 为迟爆发, 3 a 为早爆发, 10 a 为正常。18 a 中

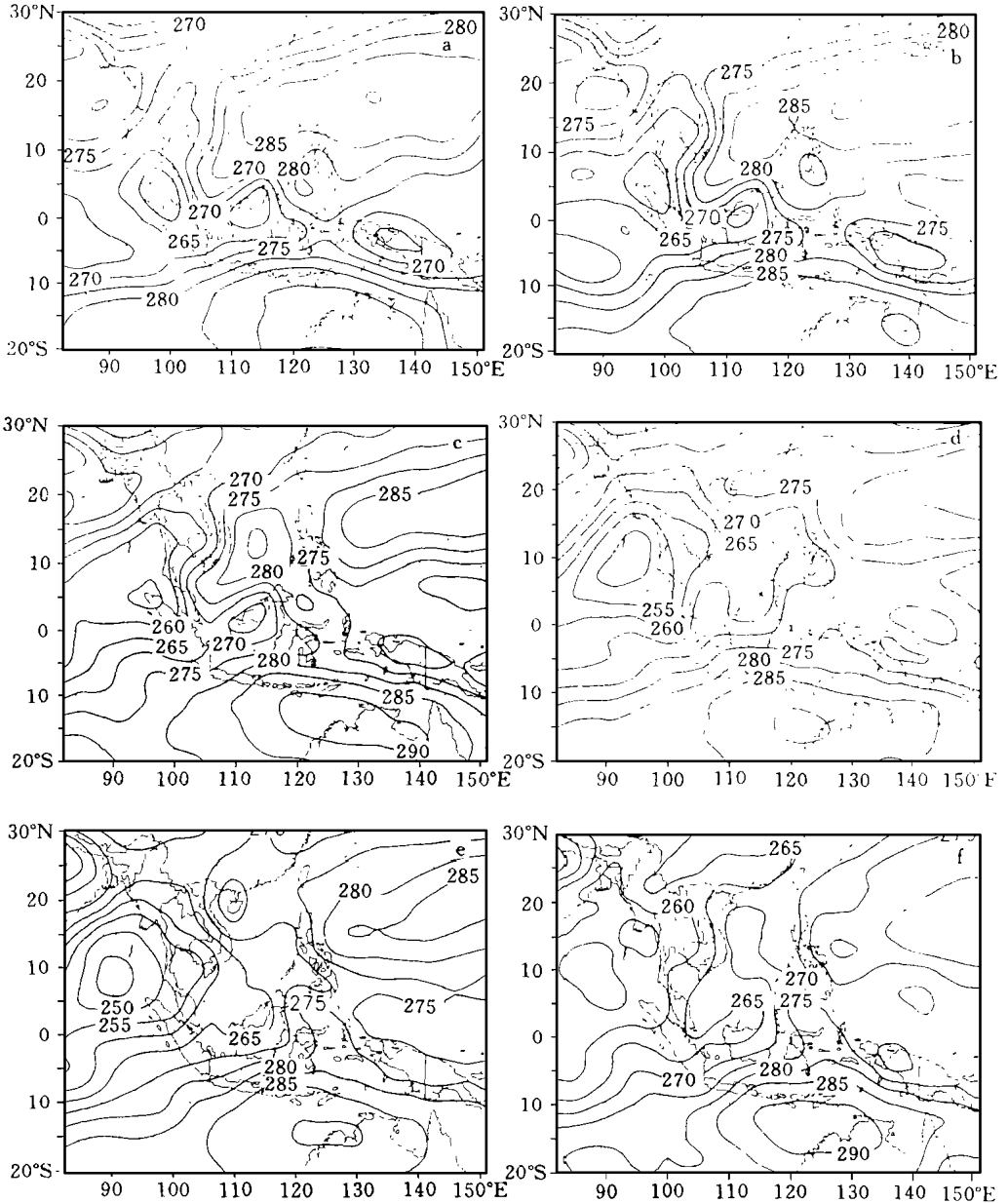


图4 南海季风爆发的前后6候的TBB分布

- (a. 南海季风爆发的前第3候(-3); b. 爆发前第2候(-2); c. 爆发前第1候(-1);
d. 爆发后第一候(1); e. 爆发后第2候(2); f. 爆发后第3候(3)。TBB单位: K)

有12次云带来自赤道,5次来自北方和1次为南北方联合影响。18 a 中有8次爆发后维持不久,而10次爆发后连续维持。由上可见,10~20°N间5月份云带的建立并不全是来自赤道,图5b为1989年沿110~120°E OLR 时间剖图,由图可见,10~20°N云带来自赤道,建立后连续维持。图5a为1984年,该年5月以后在15~20°N间二次出现 OLR 低值



图 5 OLR 值沿 110~120 E 时间剖面

(a. 1984 年; b. 1989 年。OLR 单位: W/m^2)

中心,中心值小于 200 W/m^2 ,这两个云带明显来自北方,与赤道毫无关系。真正的来自赤道的云带要到 6 月 4 日以后才爆发。从风向变化看,5 月中旬已转变为 SW 风,风和 OLR 以及 TBB 都定为 5 月中。这种云带发生后除非有来自赤道的云带来补充,一般将很快消亡,如 1983 年。因而,爆发过程是十分复杂的。

5 南海夏季风爆发与海温异常关系

有了一个合理的南海夏季风爆发日期,便可以进一步讨论季风爆发与海温异常关系。为此,在表 1 中列出了南海西沙站表面海温距平(SSTA)、南海全海域平均 SSTA、西太平洋暖池区 SSTA($0 \sim 20 \text{ N}$, $130 \sim 160 \text{ E}$)。所有 SSTA 均分 12~4 月累计距平和 4 月距平两种。分析爆发迟早与各区 SSTA 关系后,可以发现以下几点:

(1) 西沙 SSTA 和南海全海域 SSTA 的符号几乎是一致的。但西沙和南海同暖池区 SSTA 符号并不相同,几乎没有统计关系。对于西沙与太平洋 SST 冬季相关关系很好,而进入 3 月以后两地相关急剧下降,到 4 月份已见不到超过 95% 信度的相关系数。亦即 4 月以后南海 SST 的变化独立于暖池区的变化。

(2) 西沙和南海 SSTA 同季风爆发迟早相关关系很好。在 18 a 中,5 次爆发迟年有 4 次为 SSTA 负距平年。其中,西沙的 12~4 月海温累计距平和 4 月海温距平相关都好。13 次季风爆发早及正常年只有一次为负距平。因而可以认为,西沙和南海 12~4 月或 4 月 SSTA 的负距平年为南海季风迟爆发年,正距平年为季风正常或早爆发年,表明南海季风爆发迟早和前期南海 SSTA 关系密切,可作一个粗略的预报指标。

(3) 南海季风爆发迟早和 12~4 月暖池区 SSTA 的关系并不确定。和东太平洋赤道 SSTA 关系较好,早年为负距平,迟年却为 SSTA 正值。

为了表示上述结果的可靠性,作了南海夏季风爆发早、正常和迟年合成的 4 月份 SSTA 分布图(图 6)。早年是指爆发早于 5 月 10 日,正常为 5 月 10~20 日,迟年为迟于 5 月 21 日。可以看到爆发早年南海为正距平,在 $110 \sim 140 \text{ E}$ 之间正距平达 0.3 。在北太平洋 40 N 和东太平洋赤道处有负距平带,中心达 -0.6 。在南太平洋和印度洋有正距平带,中心也达 0.6 。正常年份和早年一致,但中心值弱于早年。对于迟年,南海及暖池区(10° N 附近)为负距平,赤道中东太平洋为正距平,中心达 0.9 以上。

从以上分析来看,南海夏季风爆发和 4 月海温距平关系密切。主要是早年和正常年 4 月份南海及 140 E 以西的西太平洋西部海温为正距平而东太平洋赤道为负距平,而迟年则反之。这种 SSTA 分布有如 El Niño 和 La Niña 的 SSTA 分布,夏季风爆发迟年 SSTA 分布如 El Niño 年,而爆发正常年如海温正常年,爆发早年如 La Niña 年。因而,就 SSTA 而言,南海夏季风爆发迟早,首先决定于南海 SSTA 分布(4 月或 12~4 月累计,尤其是 4 月份),Chen L-X 和 Wang Y-H(1996)^[11] 已用数值试验说明此结论是可靠的。其次要看是否是 El Niño 或 La Niña 年,最后看北太平洋 $30 \sim 40 \text{ N}$ SSTA,负 SSTA 有利于正常或早爆发,正 SSTA 有利于迟爆发。

需要说明的是,从表 1 中,并未发现爆发迟早与暖池地区 SSTA 的关系,表中暖池地区定义为 $130 \sim 160 \text{ E}$,而图 6 中与爆发正常和早年有关的主要正 SSTA 区位于 130 E 以西,两者区域不一致。

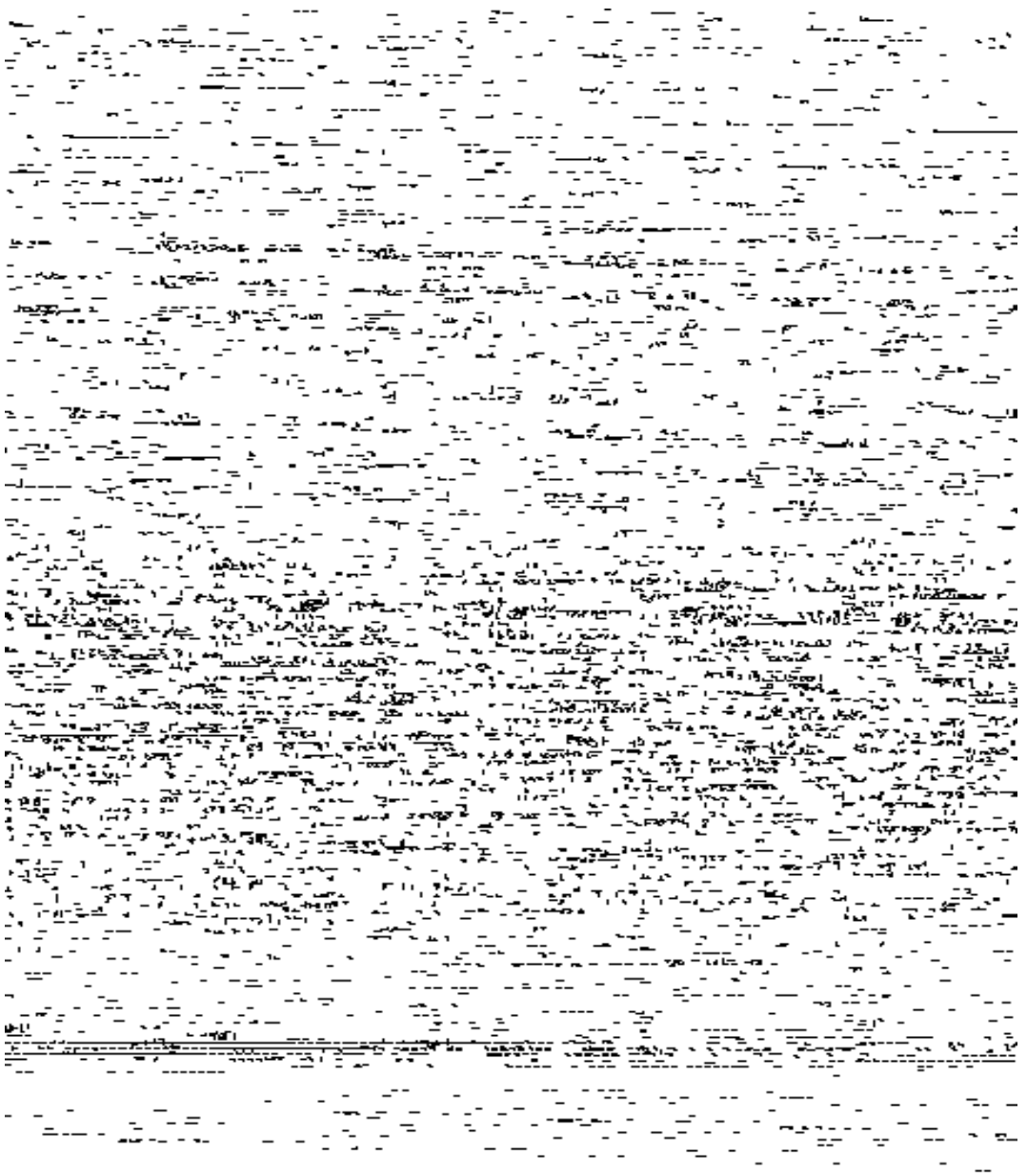


图 6 南海夏季风爆发早、正常和迟年的 4 月份太平洋和印度洋合成 SST A 分布

(a. 早年; b. 正常年; c. 迟年。断线区为负距平, 阴影区为正距平, 单位为 0.01)

6 南海夏季风爆发与青藏高原上空物理过程的关系

许多学者曾讨论青藏高原春夏季增温与南海夏季风爆发的关系。Yanai, et al(1995) 提出高原增温后温度平流东传影响南海季风爆发。表 1 中列出了拉萨第二次增温的日期。

从表中看到, 该日期与南海夏季风爆发迟早并无明显的统计关系, 因而高原春季增温与南海夏季风爆发的关系尚需作进一步研究。此外, 也研究了青藏高原西部站点的增温, 但关系也不是十分明显。

利用 OLR 和 TBB 资料研究了青藏高原季风变化特征(图略), 发现高原南部也存在二次突变(如图 1 中 TPS 曲线), 第一次在 4 月初, 由冬季的 OLR 和 TBB 几乎不变状态变为增加过程, 之后在 5 月初突然增温。6 月以后其值下降。5 月初 OLR 和 TBB 值增加是和高原地区地表气温增加一致的。6 月以后地表气温仍在增加, 而 OLR 和 TBB 值却突然减少, 显然表示高原地区对流活动开始和增强。表 1 中列出了高原南部二次变化的日期, 看到也没有明显的关系。

总的来说, 目前还未找出高原热状况和对流季节变化日期和南海夏季风爆发日期之间关系。主要问题是二者变化的物理过程还不清楚, 其内在联系过程更不清楚, 需进一步研究。

7 海陆温差季节变化与南海夏季风爆发关系

季风爆发与海陆温差季节转变可能有关。为此, 作了 1981~1991 年西沙减武汉的气温差, 此值可近似代表海陆温差。图 7 列出 1981~1986 年各年气温差的时间变化曲线。各年变化特征十分不一致, 定出气温差由正变负的日期列于表 1 中。由表 1 可见, 1982, 1983, 1991 年 3 月, 西沙减武汉气温差转变日期都十分迟, 1982 年为 5 月 24 日, 1983 年直到 6 月底还未转变, 1991 年为 6 月 13 日, 而夏季风爆发日期分别为 5 月 21 日(或 6 月 4 日)、5 月 24 日和 5 月 27 日。从分析中看到二者有关, 有些年份海陆温差变化略迟于南海夏季风爆发日期。因而, 可以说爆发与海陆温差有关, 但预报意义不大, 只能作为确定是否已爆发的参考。

8 结 论

分析南海夏季风爆发日期、过程以及它们与海温异常、高原热状况以及海气温差关系。结果表明:

(1) 可以用 TBB 或 OLR 低值带由赤道北跳到约 10°N 附近以及 850 hPa 上西沙站风向转变为 SW 风作为南海夏季风爆发的指标。其中 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 内平均的 TBB 270 K 和 OLR 220 W/m^2 可以作为南海夏季风爆发指标的具体临界值。

(2) 南海夏季风爆发期云带的北跳和孟加拉湾云带北跳是一致的, 但西太平洋副热带高压东撤是十分关键的。南海夏季风爆发过程十分复杂, 爆发期云带的建立大部来自南方, 有些年份也可来自北方。

(3) 南海夏季风爆发与 4 月份南海 SSTA 和东太平洋赤道 SSTA 以及 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 西太平洋 SSTA 有关。南海 SSTA 是主要的, 4 月份正 SSTA 大多是早或正常爆发, 负 SSTA 大多为迟爆发。而 El Niño 年常是迟年, La Niña 年常为早年。 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 负距平常为早和正常年。

(4) 尚找不到南海夏季风爆发与高原气温和 TBB 季节变化的关系。

(5) 南海夏季风爆发与海陆温差季节转变有关。但南海季风爆发经常可早于西沙减武汉气温差的转变。

上述研究仅是初步的, 有许多问题目前尚不清楚, 如南海季风爆发与高原热状况的关系, 有待今后继续工作。

参考文献

- 1 陈隆勋, 罗绍华, 沈如桂. 夏季亚洲季风环流的结构及其与大气环流季节变化的关系. 1980 年热带天气会议论文集. 北京: 科学出版社. 1981. 82~92
- 2 Tao S-Y and Chen L-X. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. In: Chang C-P and Krishnamurti T N, eds. Monsoon Meteorology. Oxford: Oxford University Press, 1987. 60- 92
- 3 Lau K M and Yang S. Seasonal cycle, abrupt transitions and intraseasonal oscillations associated with the East Asian monsoon in the GLA GCM. J Climate. 1996, 9: 965- 985
- 4 Chen L-X, Song Y and Murakami T. The Characteristics of large scale convection system variation during the onset and prevailing periods of summer monsoon over the South China Sea and its relation to the air-sea interaction from the atmospheric circulation to global change. Beijing: China Meteorological press, 1996. 314- 328
- 5 Matsumoto J. Climate over Asian and Australian monsoon regions. The University of Tokyo Project No. 03212-103. 1992. 1- 105
- 6 陶诗言, 何诗秀, 杨祖芳. 1979 季风试验期间东亚夏季风爆发的观测研究. 大气科学, 1983, 7: 347 ~ 355
- 7 Chang C-P and Chen G T. Development of low-level southwesterlies over the South China Sea: a comparison between May and June. Mon. Wea Rev, 1995, 123: 3254- 3267
- 8 Yanai M, Li C and Song Z-S. Seasonal heating of the Tibetan Plateau and its effects on the evolution of the Asian summer monsoon. J Meteor Soc Japan, 1992, 70(1B): 319- 351
- 9 阎俊岳. 南海西南季风爆发的气候特征. 气象学报, 1997, 55(2): 174 ~ 186
- 10 丁一汇, 陈隆勋, 张智北, 刘家铭. 南海季风试验科学报告. 北京: 中国气象局, 1995. 1 ~ 48
- 11 Chen L-X and Wang Y-H. An Numerical experiment of the impact of SSTA in the South China Sea and Western Pacific on the East Asian monsoon. Acta Meteor Sinica, 1998, 2(2): 162- 176

PRELIMINARY STUDY ON THE CHARACTERISTICS AND MECHANISM OF SUMMER MONSOON ONSET OVER SOUTH CHINA SEA AND REGION ADJACENT TO IT

Chen Longxun Liu Hongqing Wang Wen Wang Yuhui

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 10081*)

Nobuo Yamazaki

(*Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan*)

Abstract

Employing OLR and TBB data, we presented an index and decided the date of summer monsoon onset over South China Sea (SCS) during the period from 1975–1993, which is consistent with the date of recurvature of wind. On the basis of this, we discussed the processes of summer monsoon over SCS. Furthermore, the relationship between summer monsoon onset over SCS and sea temperature anomaly, thermal regime over Tibetan Plateau as well as variation of temperature difference between land and sea was discussed. We found it relates to SSTA in SCS, equatorial east Pacific and region between 30–40°N in April and it relates to changing of temperature difference land and sea from status of cool land and warm sea into status of warm land and cool sea in winter.

Key words: Summer monsoon onset over South China Sea, Sea temperature anomaly, Thermal regime over, Tibetan Plateau, Temperature difference between land and sea.