

南海西南季风爆发日期及其影响因子^{*}

梁建茵 吴尚森

(广州热带海洋气象研究所, 广州 510080)

摘要 利用1950~1999年NCEP全球格点日平均资料,在总结南海西南季风爆发前后850 hPa大气环流特征的基础上,提出了一个较为客观的确定南海西南季风爆发日期的大气环流方法。在与1980~1991年其他多种指标确定的爆发日期比较后,作者认为该大气环流方法所确定的爆发日期基本合理,并给出了1950~1999年各年南海西南季风爆发的日期。通过合成对比分析和相关分析发现,前期热带太平洋地区海温异常分布是影响南海西南季风爆发早晚的重要因素。菲律宾以东洋面海温偏高,赤道太平洋中部偏东地区海温偏低,可以使低层西太平洋副高减弱,高层中东太平洋洋中槽加深,印度洋热带地区偏西风偏强,印度洋—太平洋热带地区Walker环流偏强,为热带对流在孟加拉湾—南海地区发展提供了有利的环境。在孟加拉湾南部偏西气流的作用下,南海地区对流活动较为容易发展起来,低层较弱的西太平洋副热带高压也容易较早地撤出南海上空,使得南海西南季风较早爆发。反之亦然。

关键词: 南海; 季风; 季风爆发

1 引言

南海季风试验(SCSMEX)以来,许多学者用多种指标对如何确定南海夏季风爆发的合理日期进行了分析研究。这些指标大致分为动力学因子和热力学因子两大类。如阎俊岳^[1]、吴尚森和梁建茵^[2]等分别用南海区域或周边一些测站的实测风资料分析了南海夏季西南风的气候特征并给出了西南季风爆发日期。当时由于南海区域观测资料很少,计算的结果难以反映全貌。李崇银等^[3]利用ECMWF资料计算了1980~1989年南海区域对流层上下层的散度差,以此为标准给出了南海夏季风指数随时间的变化,确定了季风建立的日期。陈隆勋^[4]、刘霞和谢安^[5]、金祖辉^[6]等采用OLR或TBB等所表示的对流强度来确定南海夏季风的爆发日期。他们所规定的爆发临界值各有不同。有的规定 $OLR \leq 220 \text{ W m}^{-2}$, $TBB \leq 275 \text{ K}$,有的规定 $OLR \leq 235 \text{ W m}^{-2}$, $TBB \leq 280 \text{ K}$ 。用降水量确定季风爆发日期早在20世纪80年代就已有陶诗言和陈隆勋^[8]的研究结果。近年来罗会邦^[9]采用美国气候预报中心的CMAP(1979~1996年)降水资料和NCEP/NCAR逐日的降水资料PRATE(1982~1996年)分析了南海季风建立的多年平均情况和1998年的个例。由于降水成因复杂,局地性强,用降水资料确定每年季风爆发日期也并不理想。

梁建茵和吴尚森^[10]采用1979~1993年NCEP资料进行了分析,结果表明,南海地

2000-12-20收到,2001-06-13收到修改稿

^{*} 国家重点基础研究发展规划项目G1998040900第一部分和科技部攀登A项目“南海季风试验研究”共同资助

区平均西南风的爆发和 OLR 值的急剧下降在 5 月第 4 候同时出现。他们认为, 在资料条件具备的情况下, 采用动力学因子(西南风)与热力学因子(OLR)相结合的指标来确定南海夏季风爆发比只用其中一个因子可能更合理些。因此, 他们设计出一个两者相结合的南海季风指数, 用它确定了南海夏季风每年爆发的日期。

从多年平均结果来看, 大多数指标都比较一致地确定南海夏季风建立的平均日期为 5 月第 4 候。然而, 由于不同指标使用的因子不同, 临界值不同, 又因所取南海区域大小不一, 所以用不同方法确定的历年夏季风爆发日期会有差异, 个别年份甚至相差 20~30 天。这主要因为在个别年南海夏季风爆发前后, 对流层大气的突变不够明显, 或者风向季节性变化并不总是与对流的增强和降水的增长同步发生造成的。因此, 进一步研究和确定南海季风爆发及季风指数定义很有必要。

关于南海夏季风爆发早晚的原因也有许多研究结果。有研究^[1,4,5,10]指出, El Niño 年爆发较晚, La Niña 年爆发较早。陈隆勋等^[4]认为 4 月份南海海温异常是主要的影响因子, 南海 SSTa 为正距平, 季风爆发大多较早或正常, 负的 SSTa 年大多为晚爆发年; 谢安等^[11]指出冬春季西太平洋 SSTa 的演变特征对南海夏季风爆发的早晚具有一定的指示意义; 赵永平等^[12]认为以苏门答腊为中心的热带海洋为正(负) SSTa 时, 南海季风爆发往往较晚(早)。以上结果大多是用 20 世纪 70 年代以后的资料分析得到的, 资料的长度只有 10~20 年, 对于气候分析来说资料序列略显短了一些。

由于卫星观测资料大多始于 20 世纪 70 年代中期, 不可能应用卫星资料来建立南海西南季风爆发日期较长序列。本文将从大气环流形势特征入手, 用环流调整的观点确定 1950~1999 年南海西南季风爆发日期, 并对南海西南季风爆发早晚的可能影响因子做些分析。

2 资料

文中所用资料有: 1950~1999 年日平均 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 NCEP 再分析全球格点资料; 1950~1999 年 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 月平均全球海温格点资料; 1979~1999 年 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 OLR 资料。

3 南海西南季风爆发日期的确定

许多分析研究^[3,4,13~15]比较一致地指出, 南海夏季风爆发所对应的大气环流演变在对流层低层最明显。在 850 hPa 流场上, 伸向南海的西太平洋副热带高压脊向东收缩, 并基本上移出南海是南海夏季风爆发的一个关键性标志; 同时, 孟加拉湾附近的强赤道西风向东北方向伸展, 形成一条强劲的西南风带从印度半岛南端穿过孟加拉湾、中南半岛和南海一直延伸至华南沿海一带。这条从孟加拉湾经中南半岛伸至南海的季风槽的形成是南海西南季风建立的重要标志, 并伴随着对流的云带在南海地区发展。由此我们可以得出南海西南季风爆发的三个基本条件:

- (1) 西太平洋副热带高压脊移出南海地区,
- (2) 孟加拉湾热带地区强偏西风向东伸展并控制南海大部分地区,

(3) 南海地区对流发展。

我们的统计分析结果表明, 4~6 月, 当西太平洋副高脊控制南海地区 [本文定为 ($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$), 下同] 上空时, 南海地区 850 hPa 平均纬向风为负值 (东风); 当西太平洋副高脊大部分移出南海地区上空时, 平均纬向风为正值 (西风)。由此我们可以用南海地区 850 hPa 平均纬向风的正负值来表征西太平洋副高是否已基本移出南海地区。

有研究结果^[15]指出: 在南海西南季风爆发前华南沿海地区的西南风基本上是由印度半岛的西北气流在孟加拉湾转向而成的, 南海夏季风爆发后, 南海地区的西南气流为跨赤道的索马里急流转向通过孟加拉湾南部并与 $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 地区的跨赤道气流汇合而成的。因此, 确定南海西南季风是否爆发要看南海地区的西南风是否来自于孟加拉湾南部。

根据以上分析, 我们提出了一个确定南海西南季风爆发日期的方法, 即: 南海地区 850 hPa 平均纬向风速大于零 (表明西太平洋副高脊大部分移出南海地区), 同时南海地区偏西风主要来源于孟加拉湾南部。当上述两个条件同时满足并持续 5 天以上, 且其后连续中断 (南海地区平均纬向风小于零) 天数不大于前期西南季风出现天数的 3 倍, 我们则将满足条件的第 1 天定为南海西南季风爆发日。

现在的问题是如何确定南海地区西风是否主要来源于孟加拉湾南部。我们采取的方法是: 首先在南海地区确定最强西风所在位置, 并向西追踪最大西风轴所在位置, 计算 $80^{\circ}\sim 95^{\circ}\text{E}$ 范围内最大西风轴所在的平均纬度, 如平均纬度小于 15°N , 则可认定南海地区的西风主要来源于孟加拉湾南部地区, 为热带性质气流, 否则为来源于印缅槽前西风。

表 1 列出了根据以上方法确定的 1950~1999 年南海夏季风爆发日期。统计表明: 季风平均爆发日期为 5 月 17 日, 与已有的许多结果是一致的; 最早建立日期为 4 月 22 日 (1985 年、1999 年), 最晚建立日期为 6 月 8 日 (1991 年), 两者相差达 1 个半月, 建立日期的均方差为 11 天。从表 1 中可以看到, 50 年中南海西南季风爆发出现在 4 月份和 6 月份的分别有 4 年和 5 年。早爆发年 (早于 5 月 12 日) 有 13 年, 它们是: 1950、1951、1953、1955、1966、1970、1981、1984、1985、1986、1994、1996、1999; 晚爆发年 (晚于 5 月 23 日) 有 14 年, 它们是: 1952、1954、1957、1959、1960、1963、1968、1969、1973、1975、1982、1987、1991、1993 年。

表 1 1950~1999 年南海夏季风爆发日期

年代	年 份									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	5月11日	5月5日	5月24日	5月5日	5月31日	5月8日	5月17日	6月4日	5月23日	5月27日
60	5月28日	5月15日	5月18日	5月30日	5月16日	5月21日	4月30日	5月20日	6月4日	5月24日
70	5月10日	5月14日	5月13日	6月5日	5月23日	5月30日	5月15日	5月17日	5月18日	5月12日
80	5月16日	5月11日	5月29日	5月21日	4月29日	4月22日	5月10日	6月7日	5月22日	5月17日
90	5月17日	6月8日	5月19日	5月24日	5月7日	5月12日	5月8日	5月16日	5月23日	4月22日

4 各种指标确定的南海夏季风建立日期比较

从已发表的论文中给出的南海夏季风爆发日期来看, 不同的爆发定义指标所确定的

爆发日期存在一定的差异。表 2 给出了几种指标确定的 1980~1991 年南海夏季风爆发日期。

表 2 中文献[15]是用对流层高 (200 hPa) 低 (850 hPa) 层散度差构成的季风指数来确定爆发日期; 文献[4]分别以第一次 TBB 和 OLR 值分别低于 270 K 和 220 W m^{-2} 为标准来作为南海季节变化日期; 文献[1]用南海南部参考站 (新加坡、吉隆坡、哥打巴卢、哥打基巴卢) 吹西南风 5 天以上, 风速大于 5 m s^{-1} 为标准来判断南海南部地区季风建立日期; 文献[6]将 $\text{TBB} \leq 274 \text{ K}$ 并连续 3 天定义为南海季风爆发; 文献[5]定义候平均 $\text{OLR} \leq 235 \text{ W m}^{-2}$, 且 $u > 0$ 为季风爆发日期; 文献[10]用西南风和 OLR 定义建立起的季风指数来确定爆发日期。以上指标所划定的南海区域不尽相同, 具体数据请参阅有关文献。

表 2 各种指标确定的 1980~1991 年南海夏季风爆发日期

年份	本文	文献[15]	文献[4]OLR	文献[4]TBB	文献[1]	文献[6]	文献[5]	文献[10]
1980	5月16日	5月15日	5月15日	5月16日	5月15日	5月16日	5(4)	5(4)
1981	5月11日	5月13日	5月12日	5月16日	5月20日	5月20日	5(3)	5(3)
1982	5月29日	5月20日	5月21日 (6月4日)	5月17日	6月4日	5月17日	6(1)	5(6)
1983	5月21日	6月3日	5月24日	6月5日	5月22日	6月4日	6(2)	5(5)
1984	4月29日	4月29日	4月28日	4月29日	5月17日	4月28日	5(1)	4(6)
1985	4月22日	4月28日	4月16日	4月15日	5月26日	4月16日	4(4)	4(5)
1986	5月10日	5月10日	5月14日	5月14日	5月10日	5月14日	5(2)	5(2)
1987	6月7日	6月8日	5月17日	5月27日	6月4日	6月4日	6(2)	6(1)
1988	5月22日	5月21日	5月20日	5月18日	5月19日	5月19日	5(5)	5(5)
1989	5月17日	5月15日	5月15日	5月13日	5月16日	5月14日	5(4)	5(4)
1990	5月17日	5月7日	5月14日	5月14日	5月15日	5月14日	5(3)	5(4)
1991	6月8日	5月28日	5月27日	5月27日	6月7日	5月29日	6(3)	6(1)

注: 5(4) 表示 5 月第 4 候, 其余依此类推

从表 2 看到, 1980、1981、1984~1990 年共 9 年本文所定的日期与大多数指标 (4 个以上) 所定的爆发日期的差别在正负 1 候以内, 可以认为这几年所定的爆发日期基本上是合理的。而 1982、1983 和 1991 年差异较大, 其中 1982 年爆发日期定为 5 月第 4~5 候的有 4 个指标, 定在 5 月第 6 候~6 月第 1 候的也有 4 个指标; 1983 年爆发日期分别定为 5 月第 5 候和 6 月第 1~2 候也分别有 4 个指标; 1991 年有 4 个指标将爆发日期定在 5 月 6 候, 3 个指标定在 6 月第 1~2 候, 1 个指标定在 6 月第 3 候。以下我们着重分析这差异较大的 3 年大气环流和对流演变特征。

图 1 给出了 1982 年 4~6 月逐日南海地区平均 OLR 和每日 2 个时次的 850 hPa u 、 v 分量的变化曲线。从图 1a 来看, 5 月 14~22 日南海地区对流活动比较活跃, 但从图 1b 看到, 同一时段 u 分量为较大的负值, 而且一直持续到 5 月 28 日。从南海地区对流最强的 5 月 21 日 850 hPa 环流图 (图略) 看到, 有一热带气旋在西太平洋上空活动, 但南海大部分地区吹东北风, 南海地区的强对流是热带气旋影响的结果。与本文所指出的南海西南季风爆发的三个基本条件中的两条不相符, 因此我们认为此时南海夏季风 (特别是西南季风) 并未爆发。5 月 29 日开始, u 分量持续为正值 (吹西风), OLR 值也小于 235 W m^{-2} , 从流场形势来看 (图略), 将南海夏季西南季风定在 5 月第 6 候

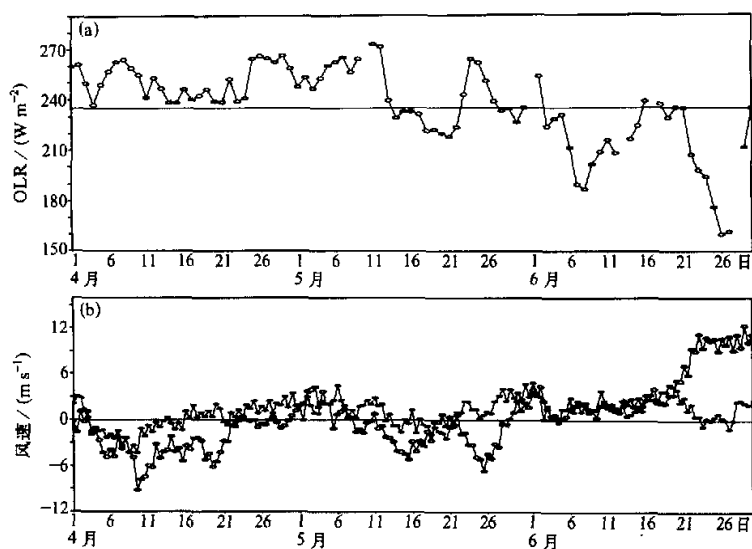


图1 1982年4~6月逐日海地区平均 OLR 和每日2个时次的850 hPa u 、 v 分量的变化曲线
(a) OLR; (b) 850 hPa, 空心圆圈为 u , 实心圆圈为 v

~6月第1候较为合适。

图2给出了1983年4~6月逐日南海地区平均 OLR 和每日2个时次的850 hPa u 、 v 分量的变化曲线。从 OLR 逐日变化曲线看(图2a), 5月22~26日 OLR 值小于

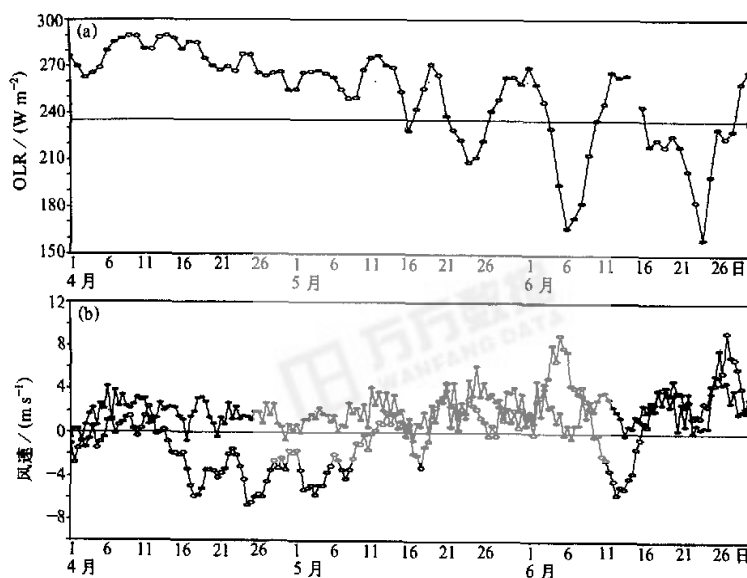


图2 1983年4~6月逐日南海地区平均 OLR 和每日2个时次的850 hPa u 、 v 分量的变化曲线
(a) OLR; (b) 850 hPa, 空心圆圈为 u , 实心圆圈为 v

230 W m^{-2} , 5 月 19 日以后 u 分量持续为正值 (图 2b)。从 850 hPa 环流形势图 (图略) 可以清楚地看到, 19, 20 日华南地区、南海北部吹较强偏西风, 但其主要是受中南半岛—孟加拉湾北部地区槽前偏西风影响所致。从 5 月 21 日的 850 hPa 环流形势图 (图略) 可以看到, 南海北部的西南风主要是从孟加拉湾中南部的西南气流伸展过来的, 满足本文所定指标, 可确定为南海西南季风爆发。

图 3 给出了 1991 年 4~6 月逐日南海地区平均 OLR 和每日 2 个时次的 850 hPa u 、 v 分量的变化曲线。图 3a 可以看到, 5 月 28 日开始, OLR 值小于 235 W m^{-2} , 因此完全以对流为指标就可将南海夏季风爆发定于 5 月第 6 候。但从图 3b 来看, 此时南海地区还处于较强的偏东风的控制之下, 从 5 月 28 日 850 hPa 大气环流图 (图略) 可以非常清楚地看到, 副热带高压脊线主体仍位于南海地区上空。直到 6 月第 2 候, 副高西脊才基本移出南海地区。5 月第 6 候的较强对流发展可能是副高南侧的 ITCZ 活动造成的, 而非南海西南季风造成的。

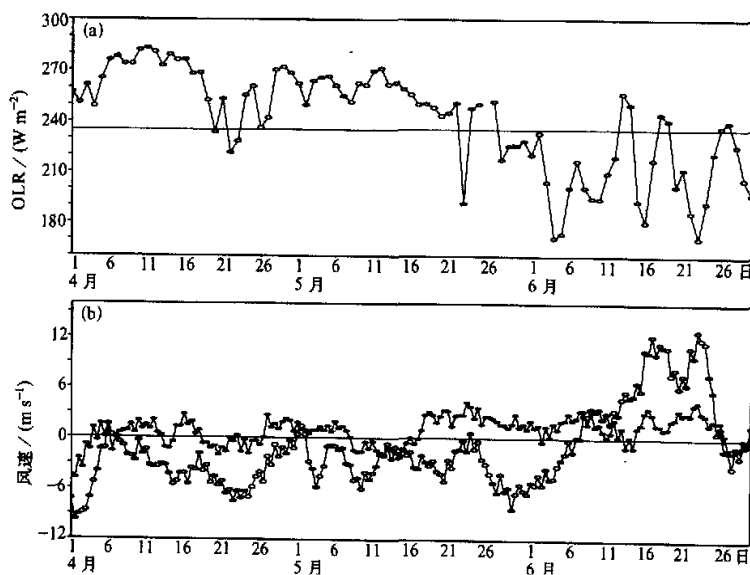


图 3 1991 年 4~6 月逐日南海地区平均 OLR 和每日 2 个时次的 850 hPa u 、 v 分量的变化曲线
(a) OLR; (b) 850 hPa, 空心圆圈为 u 、实心圆圈为 v

从以上对 1980~1991 年共 12 年的各种指标所确定的南海夏季风爆发日期的对比分析可以看出, 南海地区西南风爆发与强对流的出现在多数情况下有较好的同步特征, 12 年中有 9 年两者出现的时间差在正负 1 候内。因此, 这些年不论是用风的指标还是用对流性指标, 所给出的南海夏季风爆发时间差异不大。在差异较大的 3 年中有 2 年 (1982、1991 年) 南海大部分地区仍为偏东风时, 强对流就出现了。此时副高仍控制在南海上空, 强对流的发展是副高南侧热带辐合带影响的结果, 它们也是热带性质气流造成的, 但本文主要讨论南海西南季风的爆发, 因此就这 2 年来说, 在对流指标所确定的季风爆发时间显然南海西南风仍未爆发。用本文所给出的方法确定的南海西南季风爆发

时间在前后 1 候内有强对流出现, 从 OLR 值小于 235 W m^{-2} 出现的时间来看, 强对流出现时间超前西南季风爆发时间的居多。因此用本文所定的指标可以满足上节给出的南海夏季西南季风爆发的三个基本条件, 较为合理。

5 南海西南季风爆发早晚原因探讨

在影响南海夏季风爆发早晚的因素中, 热带地区海温异常是其中重要的影响因子之一。赤道东太平洋海温、西太平洋及南海等地区海温异常对南海季风爆发的影响都有人研究过, 但其结果大多是用 20 世纪 70 年代以后的资料分析得到的, 资料的长度只有 10~20 年。用本文得到的 50 年季风爆发日期及相应时段的海温做进一步分析又将得到怎样的结果呢? 本文用合成对比和统计方法分析南海西南季风爆发早晚年份前期大气环流、OLR、海温等的差异特征。早爆发年有 13 年, 晚爆发年有 14 年 (具体年份见第 3 节)。

5.1 4 月份大气环流特征

本文分别计算了南海西南季风爆发早年与爆发晚年 4 月份 850 hPa 和 200 hPa 流场的差异及其 u 、 v 分量与爆发日期的相关系数 (图 4)。相应的 5 月份分布与 4 月份的特征基本一致, 因此本文主要针对 4 月份进行讨论。我们注意到, 爆发日期与 ($60^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$, $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$) 区域 850 hPa 上的纬向风呈显著相关关系 (图 4a 中阴影区), 这一地区爆发早年与晚年 4 月份流场出现西风差异; 在 200 hPa 上空 (图 4b), 南海中南部—孟加拉湾南部同样为相关显著区, 爆发早年与晚年 4 月份流场为东风差异。可见, 南海西南季风爆发早, 4 月份孟加拉湾南部—南海南部地区低层偏西风分量和高层的偏东风分量较强, 爆发晚年则相反。

图 5 为南海西南季风爆发早年与晚年 4 月份 850 hPa 和 200 hPa 位势高度场的差异及其爆发日期与位势高度场的相关系数分布图。在 850 hPa (图 5a), 南海—西太平洋地区有显著相关区, 早爆发年与晚爆发年位势高度差异为负值, 显著相关区正位于西太平洋副高西脊活动区域, 由此得出, 4 月份西太平洋副高西脊较强 (弱), 南海夏季风爆发晚 (早)。在 200 hPa (图 5b), 北半球热带太平洋中部偏东地区出现大片显著相关区, 爆发早年与晚年位势高度差异为负值, 从图 4b 也可以看到上述地区爆发早年与晚年流场出现气旋性差异。该地区为太平洋洋中槽所在位置, 表明季风爆发早年, 高层中太平洋洋中槽较强, 晚年相对较弱。

5.2 热带地区对流变化特征

从上面分析可知, 南海季风爆发早年与晚年, 4 月份热带地区大气环流有十分显著的差异, 本小节将分析热带对流活动的差异。对于热带地区, OLR 值的大小是一种比较好的反映热带对流的指标。本文分析中使用了 1979~1999 年月平均 OLR 资料, 计算季风爆发日期与同年 2~4 月份 OLR 的相关系数, 如图 6 所示。

从图 6 中的相关系数分布可以看到, 2 月份北半球印度洋—南海地区显著正相关, 太平洋中部赤道地区显著负相关。3 月份上述显著相关分布型有所东移, 显著相关中心分别移到南海南部和太平洋赤道中部偏东位置。4 月份显著正相关区域从南海一直向西偏北伸展到西太平洋地区, $180^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ 赤道太平洋地区显著负相关。显著正相关

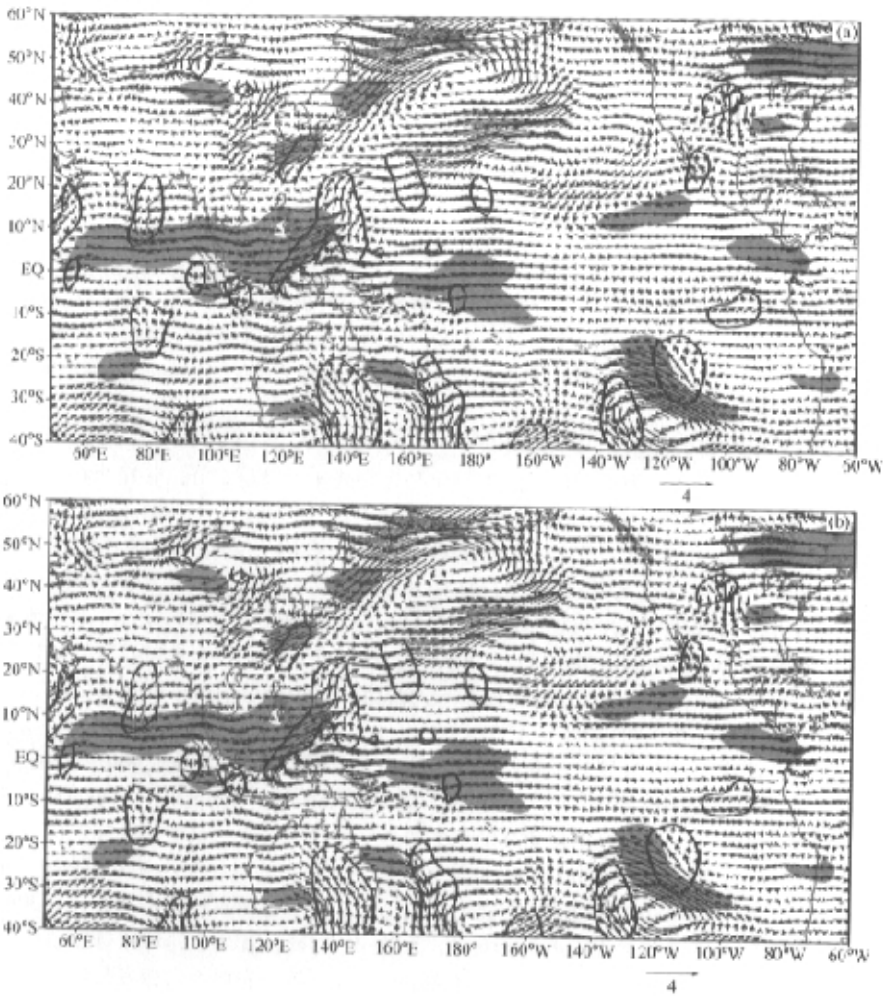


图4 南海西南季风爆发早年与晚年4月份850 hPa和200 hPa流场的差异
及其 u 、 v 分量与爆发日期的相关系数分布图
矢量为流场差异, 阴影区为爆发日期与 u 分量场相关系数超过0.05显著性水平的区域,
实线所指区域为爆发日期与 v 分量场相关系数超过0.05显著性水平的区域
(a) 850 hPa; (b) 200 hPa

意味着季风爆发早年对流活动较强(也意味着上升气流较强或下沉气流较弱), 晚年对流活动较弱(也可表示上升气流较弱或下沉气流较强); 显著负相关表示季风爆发早年对流活动较弱, 晚年对流活动较强。可见, 前期北半球印度洋—南海南部—西太平洋地区对流活动较强, 赤道太平洋中东部地区对流活动弱有利于南海季风爆发早, 反之则南

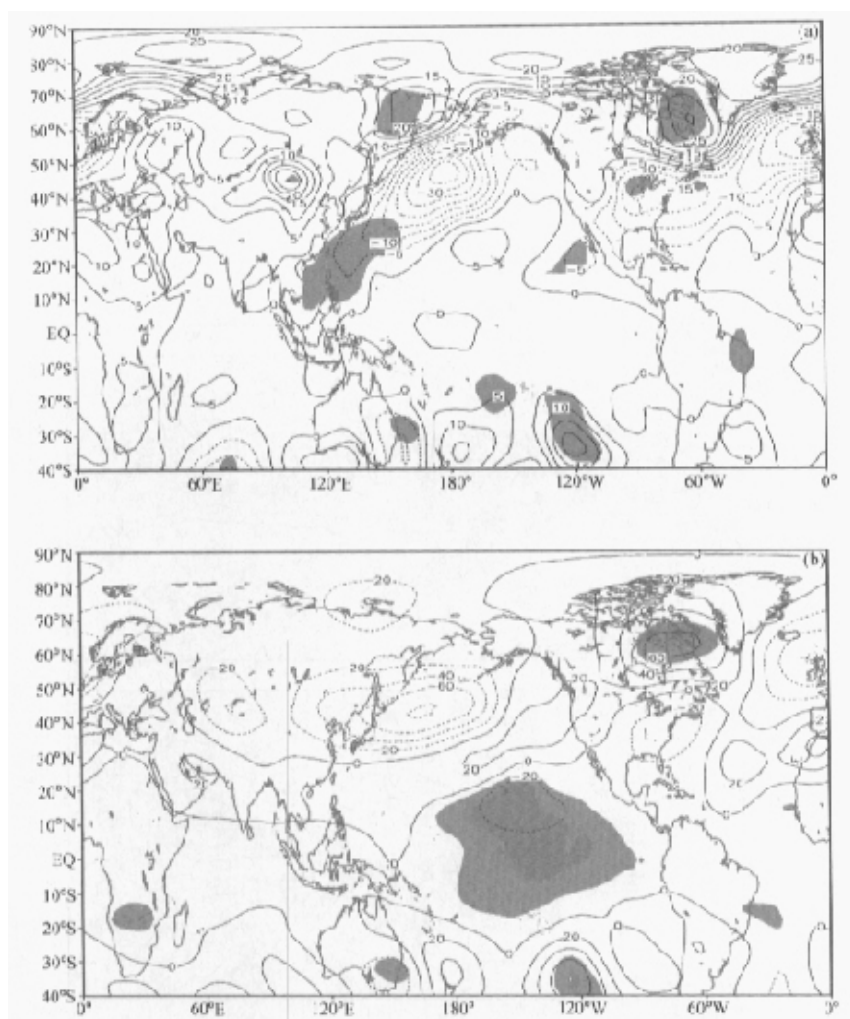


图5 南海西南季风爆发早年与晚年4月份850 hPa和200 hPa流场的差异

及其位势高度场与爆发日期的相关系数分布图

等值线为位势高度差异(单位: 位势米), 阴影区为爆发日期与位势高度场

相关系数超过0.05显著性水平的区域

(a) 850 hPa; (b) 200 hPa

海季风爆发晚。显然这种印度洋—太平洋热带地区对流活动强弱变化可以用来作为预报南海季风爆发早晚的指标之一。

从以上两小节的合成分析和相关分析可以看出, 南海季风爆发早晚年热带地区大气环流的差异与热带对流活动的强弱有相当一致的对应关系。南海西南季风爆发早年,

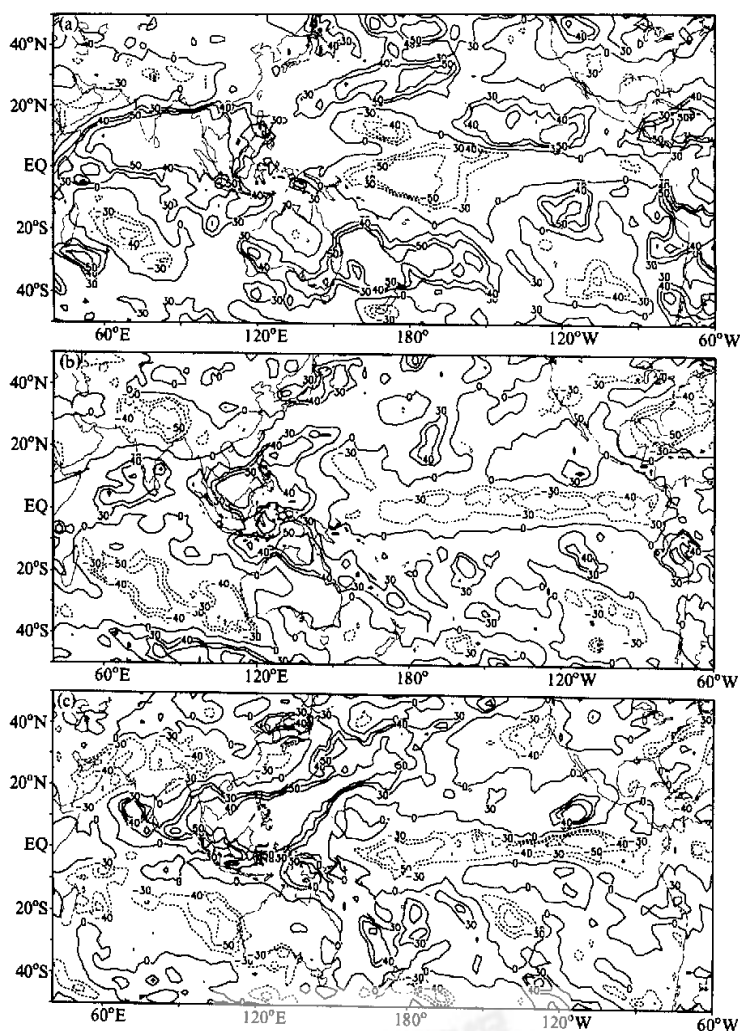


图6 南海西南季风爆发日期与2~4月份OLR值的相关系数分布图(单位: %)
(a) 2月; (b) 3月; (c) 4月

4月份孟加拉湾—南海南部地区低层偏西风分量和高层的偏东风分量偏强(相对应于对流活动较强),低层西太平洋副高较弱(OLR值较低),高层太平洋洋中槽较强(OLR值较高,对流活动较弱),爆发晚年则相反。从高低层大气环流的差异和OLR值的变化我们可以做出这样的判断:南海季风爆发早年与晚年,4月份大气环流的差异主要出现在印度洋—太平洋热带地区。早年与晚年相比,4月份低层从孟加拉湾而来的偏向西风差异气流与中太平洋热带地区偏东风差异气流辐合于西太平洋地区,形成向上的差异

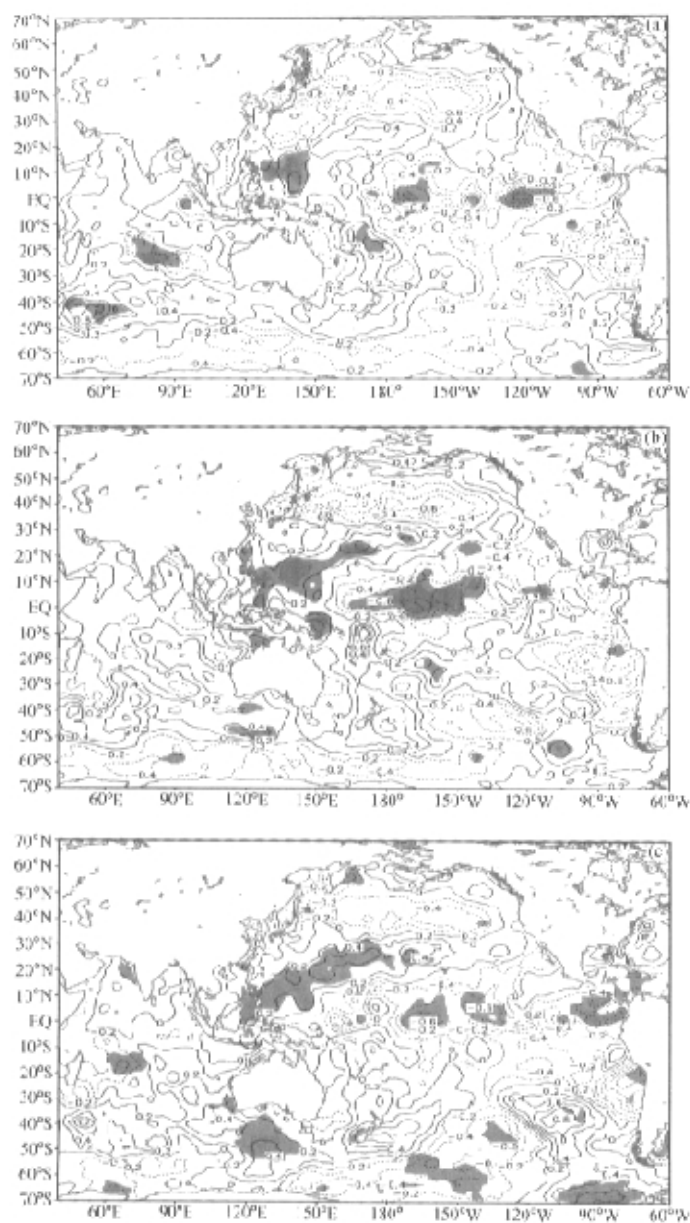


图7 南海西南季风爆发早年与晚年1~3月份海温场差异及其海温场与爆发日期的相关系数分布图
等值线为海温差异(单位: $^{\circ}\text{C}$), 阴影区为爆发日期与海温场相关系数超过0.05显著性水平的区域
(a) 1月; (b) 2月; (c) 3月

气流, 在高层, 西太平洋地区为向东和向西的扩散差异气流, 向东的差异气流吹向中太平洋并形成向下的差异气流。从这种由差异气流构成的纬向垂直环流来看, 季风爆发早年, 4 月份印度洋—中太平洋热带地区 Walker 环流比爆发晚年要强。较强的 Walker 环流为孟加拉湾—南海地区对流的发展和西太平洋副高的减弱东撤提供了有利的环境条件, 因而有利于南海西南季风早爆发。反之亦然。

5.3 太平洋海温变化特征

从上面的分析, 我们得出南海西南季风爆发早晚与热带地区大气环流异常有非常密切的关系, 而热带地区海温异常变化对热带大气环流异常的影响也是十分显著的, 因此有必要研究一下热带地区海温对季风爆发的影响作用。南海西南季风爆发日期与 1~3 月份海温场的相关分析表明 (图 7), 主要显著相关区位于菲律宾以东洋面 ($0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $125^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$, 简称为 Phil. E 区, 下同) 和赤道太平洋中部偏东地区 ($0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$, $170^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{W}$, 简称为 MP 区, 下同)。爆发早年与晚年海温差异表现为: Phil. E 区为正差异, MP 区为负差异。这种相关系数和差异分布型从 1 月份已经出现, 2~3 月份最显著, 4 月份减弱 (图略)。此外在赤道东太平洋沿岸存在一小片负相关区。

图 7 中的分布有些像 El Niño 海温分布型, 统计分析发现, ENSO 暖事件在第一季度出现的 15 年中, 有 10 年南海西南季风晚于平均日期, ENSO 冷事件在第一季度出现的 9 年中有 7 年南海西南季风爆发早于平均日期。进一步分析我们也注意到, 南海西南季风爆发最早年的 13 年中, 第一季度出现暖事件的有 3 年, 冷事件有 3 年, 而爆发最晚的 14 年中, 上半年出现暖事件的有 5 年, 冷事件有 1 年。可见, ENSO 事件对南海西南季风偏早或偏晚有一定的影响, 第一季度出现 ENSO 暖事件, 南海西南季风爆发偏晚, 出现冷事件则爆发偏早, 与已有的结果^[1,4,5,10]是一致的。

再来看一下 3 月份 Phil. E 区海温异常与南海西南季风爆发早晚的对应关系。图 8 给出了 1950~1999 年 3 月 Phil. E 区平均海温距平和南海西南季风爆发日期距平变化曲线图。比较发现, 在 13 个爆发最早年中, 10 年 Phil. E 区为正距平, 在 14 个爆发最晚

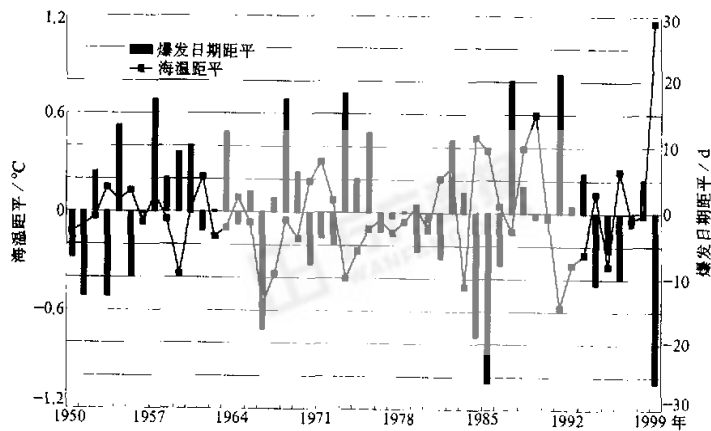


图 8 1950~1999 年 3 月份菲律宾以东洋面 (Phil. E 区) 平均海温距平与南海西南季风爆发日期距平变化曲线

年中, 10 年 Phil. E 区为负距平; 从另一个角度来看, 在 Phil. E 区平均海温正 (负) 距平最大的 13 年中, 10 年南海西南季风爆发偏早 (晚)。可见, 南海西南季风爆发早晚与 Phil. E 区海温异常之间有相当密切的联系, 其对应关系比与 ENSO 事件的对应关系还要好得多。因此我们认为 Phil. E 区海温异常是比 ENSO 更重要的影响南海季风爆发迟早的因子。

5.4 3 月菲律宾以东洋面 (Phil. E 区) 海温异常对 4 月份大气环流的影响

为了进一步分析 Phil. E 区海温异常影响南海西南季风爆发早晚的机制, 我们计算了 3 月份 Phil. E 区 ($0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $125^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$) 平均海温与 4 月份 850 hPa 和 200 hPa 纬向风和位势高度的相关系数, 如图 9 所示。

图 9a 上, 从北半球印度洋热带地区—南海南部—西太平洋地区为正相关区, 中国大陆南部—日本岛为显著负相关区, 这种相关关系表明, Phil. E 区海温高时 (与海温低时相比), 在南海—西太平洋地区出现气旋性切变差异。图 9c 上也可以看到, 南海—西太平洋为显著负相关区。由此我们可以得出 Phil. E 区海温偏高 (低), 西太平洋副高偏弱 (强)。Phil. E 区海温变化与 200 hPa 纬向风的相关系数在北半球热带太平洋中部偏东地区存在正负两个显著相关区 (图 9b), 与赤道太平洋偏东地区 200 hPa 位势高度呈负相关关系 (图 9d), 意味着 Phil. E 区海温高 (低), 高层中东太平洋洋中槽强 (弱), 因此, 前期 3 月份 Phil. E 区海温的异常是导致 4 月份西太平洋副高和洋中槽强弱变化的重要原因之一。从图 9a 上看到, 北半球印度洋热带地区 850 hPa 纬向风与 Phil. E 区海温呈显著正相关关系, 表明 Phil. E 区海温高, 北半球印度洋热带地区洋面上西风偏强, 反之西风偏弱, 甚至为偏东风。比较图 9 与图 4、5 中相应各图, 它们具有相同的分布特征。因此我们认为, 4 月份低层西太平洋副高较弱和高层中东太平洋洋中槽较强, 北半球印度洋热带地区西风较强, 有利于南海西南季风爆发早, 前期 3 月份 Phil. E 区海温偏高是造成这一环流分布型的重要影响因子; 反之亦然。前期 Phil. E 区海温变化可以作为南海季风爆发早晚的重要预报信号, 其物理意义是相当清晰的。

本文中我们着重分析了 3 月份 Phil. E 区海温变化对南海西南季风爆发早晚的影响, 事实上, 从图 7 可以知道, 南海西南季风爆发日期除与 Phil. E 区海温异常显著负相关外, 与赤道太平洋中部偏东地区的海温异常显著正相关。相关分析表明, Phil. E 区和赤道太平洋中部偏东地区 3 月份海温变化具有显著负相关关系 (相关系数超过 0.01 显著性水平)。而且南海西南季风爆发日期与热带太平洋地区这种相关分布型 1 月就开始出现, 到 4 月份才消失, 有较强的持续性。相关分析结果也显示出 Phil. E 区海温异常对 5 月热带地区大气环流的影响与对 4 月份的影响是基本一样的。因此, 虽然前面只是分析了 3 月份 Phil. E 区海温异常对南海西南季风爆发早晚的影响, 实际上将这种影响看成是前期 Phil. E 区和赤道太平洋中部偏东地区海温异常变化共同作用的结果更为恰当。

6 讨论和总结

从最初的定义来看, 季风爆发首先应表现为风向的季节性转换。对于南海地区而言, 其夏季风主要为西南风, 并伴随着对流活动活跃。大多数情况, 南海地区对流发展

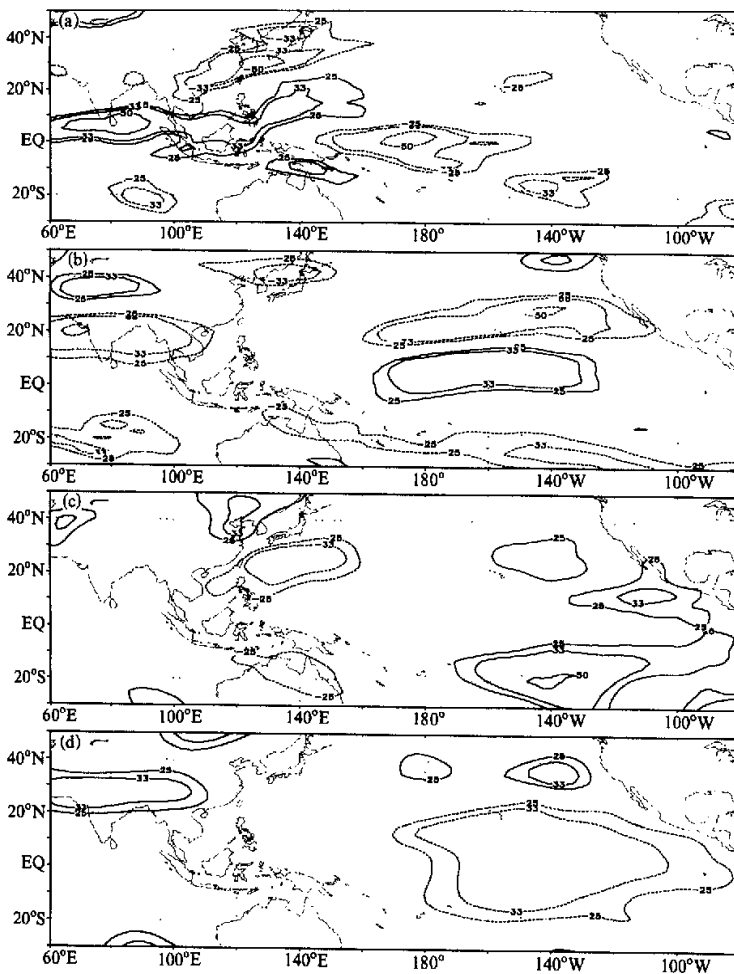


图9 3月份菲律宾以东洋面(Phil. E区)平均海温与4月份850 hPa和200 hPa u 分量
和位势高度的相关系数分布图(单位: %)
(a) 850 hPa u 分量; (b) 200 hPa u 分量; (c) 850 hPa 位势高度; (d) 200 hPa 位势高度

和西南风盛行的开始时间接近于同步, 因此用对流指标或风指标确定出的爆发时间多数差异不大。少数对流发展与西南风盛行的开始时间间隔较大的年份, 用风指标来确定季风爆发时间可能更为符合季风最初的定义。因此, 本文在总结南海西南季风爆发前后850 hPa 大气环流特征的基础上, 提出了一个较为客观的确定南海西南季风爆发日期的大气环流方法。在与1980~1991年其他多种指标确定的爆发日期比较后, 我们认为用本文所给出的大气环流方法所确定的爆发日期基本合理, 并给出了1950~1999年各年南海西南季风爆发的日期。

南海西南季风爆发早与晚年 4 月份大气环流差异很大。一般来说, 爆发早年, 低层西太平洋副热带高压较弱, 北半球印度洋热带地区西风较强, 而高层赤道太平洋中部偏东地区洋中槽偏强。爆发晚年相反。相关分析发现, 前期热带太平洋地区海温异常分布是影响南海西南季风爆发早晚的重要因素。综合以上诊断分析得到的特征和 Phil. E 区海温偏高与偏低时大气环流对比分析结果 (基本特征与相关分析是一致的, 图略), 我们认为, 菲律宾以东洋面 ($0 \sim 20^{\circ}\text{N}$, $125 \sim 150^{\circ}\text{E}$, Phil. E 区) 海温偏高 (与偏低时相比较), 通过热力作用可以使得其上空低层位势高度降低, 西太平洋副高脊减弱, 在南海—西太平洋形成气旋性差异环流, 其结果可造成上升气流加强 (或下沉气流减弱), 同时中太平洋赤道地区海温偏低, 热力作用的结果使得其上空高层位势高度降低, 高层洋中槽加强, 形成气旋性差异环流, 高层辐合加强, 使得该地区下沉气流加强。南亚热带地区低层偏西风差异气流, 高层偏东风差异气流, 赤道太平洋中部地区低层偏东风差异气流, 高层偏西风差异气流, 与由热带太平洋纬向海温热力差异造成的南海—西太平洋地区向上的差异气流, 赤道太平洋中部向下的差异气流构成纬向垂直差异环流。与正常的 Walker 环流相比较, Phil. E 区海温偏高时, 印度洋—太平洋热带地区 Walker 环流较强, 为热带对流在孟加拉湾—南海地区发展提供了有利的环境。在孟加拉湾南部偏西气流的作用下, 南海地区对流活动较为容易发展起来, 低层较弱的西太平洋副热带高压也容易较早地撤出南海上空, 使得南海西南季风较早爆发。反之亦然。总结以上分析, 可以得到如图 10 所示的热带太平洋海温异常对南海西南季风爆发早晚的影响过程。

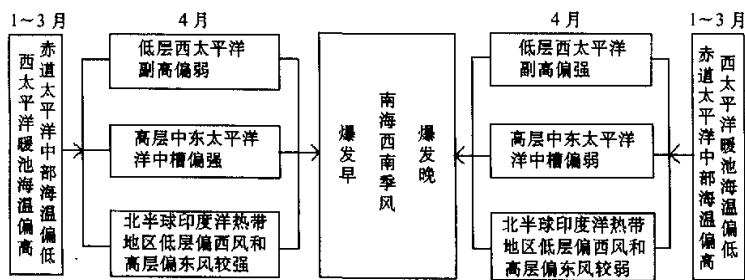


图 10 太平洋海温对南海西南季风爆发早晚影响的主要过程示意图

可见, 热带太平洋海温异常分布是影响南海西南季风爆发早晚的最重要因子之一, 在多数年份上述影响的对应关系较好, 但也有部分年份并非如此。因此, 热带太平洋海温异常并非唯一的确定性影响因子, 别的影响因子还有待于进一步分析研究。

参 考 文 献

- 1 阎俊岳, 南海西南季风爆发的气候特征, 气象学报, 1997, 55, 174~186.
- 2 吴尚森、梁建茵, 南海西沙地区季风季节变化活动的气候特征, 大气科学, 1998, 22, 771~778.
- 3 李崇银、张利平, 南海夏季风活动及其影响, 大气科学, 1999, 23(3), 257~266.
- 4 陈隆勋、刘洪庆、王文等, 南海及其临近地区夏季风爆发的特征及其机制的初步研究, 气象学报, 1999, 57(1).

- 16~29.
- 5 刘霞, 谢安, 南海夏季风爆发的气候特征, 热带气象学报, 1998, 14, 28~37.
 - 6 金祖辉, TBB资料揭示的南海夏季风爆发的气候特征, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 57~65.
 - 7 何金海, 罗京佳, 南海季风爆发和亚洲夏季风推进特征及其形成机制的探讨, 亚洲季风研究的新进展, 北京: 气象出版社, 1999, 74~81.
 - 8 Tao Shiyan and Chen Longxun, A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China, in: *Monsoon Meteorology*, Chan, C.-P. and T. N. Krishnamurti, Eds., Oxford: Oxford University Press, 1987, 60~92.
 - 9 罗会邦, 南海夏季风爆发及相关雨带演变特征, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 25~29.
 - 10 梁建茵, 吴尚森, 南海夏季风的建立及强度变化, 热带气象学报, 1999, 15(2), 97~105.
 - 11 谢安, 毛江玉, 叶谦, 海温纬向梯度与南海夏季风爆发, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 48~51.
 - 12 赵永平, 陈水利, 白学志, 王凡, 南海—热带东印度洋海温年际变异与南海季风关系的初步分析, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 117~120.
 - 13 丁一汇, 薛纪善, 王守荣等, 1998年亚洲季风活动与中国的暴雨/洪涝, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 1~4.
 - 14 陈隆勋, 朱乾根等, 东亚季风, 北京: 气象出版社, 1991, 68~93.
 - 15 李崇银, 屈昕, 南海夏季风爆发的大气环流演变特征, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 5~12.

A Study of Southwest Monsoon Onset Date over the South China Sea and Its Impact Factors

Liang Jianyin and Wu Shangsen

(Guangzhou Institute of Tropical and Oceanic Meteorology, Guangzhou 510080)

Abstract By using the 1950~1999 NCEP daily averaged reanalyzed data and based on the major atmosphere characteristics at 850 hPa during southwest monsoon onset in the South China Sea (SCS), it is suggested an objective atmospheric circulation way to define the onset dates of SCS southwest monsoon. After compared to the onset dates defined by different indexes, We believe that the onset dates defined by the atmospheric circulation way are reasonable. The onset dates of the SCS southwest monsoon from 1950~1999 are given. It is found by compositive analyses and correlation analyses that the prophase distribution of the tropical Pacific SST is an important impact factor for the SCS monsoon onset. The higher SST in the eastern ocean of the Philippine and lower SST in the eastern area of the central equator Pacific will lead to a weaker western Pacific high in the lower layer, deeper oceanic trough of the central and eastern Pacific in higher layer, stronger westerly in tropical Indian Ocean, stronger Walker circulation in the region of the Indian-Pacific Ocean. They give the suitable conditions for convection development in the Bay of Bengal and the South China Sea. Under the effect of the strong westerly in the Bay of Bengal, it is easier and earlier that the convection in the SCS develops and the weaker western subtropic high extracts from the SCS, resulting in the earlier onset of the SCS monsoon, and vice versa.

Key words: South China Sea; monsoon; monsoon onset