

南海夏季风爆发与西北太平洋热带气旋活动*

黄菲 李元妮

(中国海洋大学海洋-大气相互作用与气候实验室(OAC), 青岛, 266100)

摘要

利用 NCEP/NCAR 再分析的日平均数据、JTWC 的 TC 数据、CMAP 候平均降水数据和 NOAA 的 OLR 数据, 初步研究了南海夏季风爆发与西北太平洋(包括南海)热带气旋活动之间的关系。结果表明, 南海夏季风爆发后, 西北太平洋(尤其南海区域) TC 生成个数和活动频数比爆发前有显著增加。在季风爆发偏早年, 爆发前的 TC 活动偏多, TC 生成位置偏西。而爆发偏晚年, 爆发前的 TC 活动很少。季风的偏早爆发受季节内振荡、西北太平洋 TC 活动、中纬度冷空气活动等复杂因素影响, 而季风的偏晚爆发则主要受季节内振荡影响。

关键词: 南海夏季风; 爆发; 热带气旋活动

1 引言:

中国位于太平洋西北岸, 西北太平洋的热带气旋的活动对中国东部和南部沿海的天气和降水有很大的影响。同时中国地处东亚季风区, 受季风影响严重, 所以研究热带气旋(TC)与季风的相互关系有重要意义。

已有的研究表明, 西北太平洋热带气旋活动与夏季东亚季风的活跃与中断或季风槽的位置和强度变化有关[1-7]。Harr和Elsberry[1]指出西北太平洋季风活跃(不活跃)时期与TC的活跃(不活跃)相联系, 因此, 台风季节或季节内变化可能同大尺度季风环流相关。Gray[2]指出西北太平洋季风槽的位置对TC活动的分布有很大的影响。孙秀荣、端义宏[3]等指出强、弱东亚夏季风对当年TC的生成频数有影响, 强夏季风年西风带和西太平洋副热带高压偏北偏弱, 有利西北太平洋TC的生成, TC频数偏多; 弱季风年则相反。Harr等[4]也发现西北太平洋季风槽的加强对TC活动的位置和路径有重要影响。孙颖、丁一汇[5]通过分析1998年和1999年西北太平洋的TC活动特征发现, 季风槽的异常偏西及在盛夏的异常偏北会导致TC的异常偏少, 位置偏西和偏北。王慧等[6]指出, 西北太平洋季风槽增强、夏季风活跃、季节内振荡为湿位相时期台风生成个数明显多, 反之生成的台风个数少。高建芸等[7]根据夏季季风槽、副高以及越赤道气流等系统的强弱和位置, 将1979—2005年分为4种年型: 季风槽西南型、西北型、偏东型和正常年型, 指出不同季风槽年型, 由于太平洋海温场的差异, 引起哈得来环流和Walker环流的差异以及西太平洋副高、南亚高压等大尺度系统位置以及越赤道气流强度的差异, 导致有利于TC生成的热力条件、动力条件和环境条件的不同, 致使TC生成位置、频数、路径以及在我国登陆点有着显著差异。以上的研究主要是针对夏季风爆发后季风强弱、季风槽的变化对TC活动的影响, 而关于夏季风爆发前后, 即季风槽建立前后季风与TC

*基金项目: 国家自然科学基金项目(40775042, 10735030)、国家重点基础研究发展计划(2006CB403603, 2005CB422301)和高等学校创新引智111计划(B07036)资助

活动之间的关系尚不清楚。

南海夏季风是东亚夏季风系统的重要组成部分。南海夏季风的爆发是亚洲季风区大气环流由冬季形势向夏季形势转换的最早征兆,同时也是东亚夏季风来临和中国雨季开始的标志。南海夏季风爆发的早晚对我国东部地区的天气和降水有重要影响,因此对南海夏季风爆发的研究有重要意义。南海夏季风的爆发时间存在着显著的约1个月范围的年际变化[8]。已有的研究表明,南海夏季风爆发早晚与ENSO事件和大气季节内振荡有密切关系[9-15],而ENSO、大气季节内振荡对西北太平洋TC活动的年际和季节内变化也有明显影响[16-22]。最近Mao and Wu[23]发现2006年南海夏季风的爆发与珍珠台风的激发作用密切相关,但这只是一年特殊的个例,如果从多年历史资料的统计结果来看,南海夏季风的爆发与西北太平洋的TC活动有什么样的关系? TC活动是否能对南海夏季风的爆发有影响? 本文将对此进行初步探讨。

2 资料与方法

2.1 资料及预处理

本文研究所用资料主要为(1) 1965-2007 年的 NCEP/NCAR (the National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research) 的逐日再分析的经向风和纬向风资料,水平分辨率是 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; (2) 1965-2007 年美国联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC) 的 6 小时 TC 位置和强度资料; (3) 1979-2007 年 CMAP (Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation) 的候平均的日降水率资料,水平分辨率是 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; (4) 1979-2007 年的 NOAA (The National Oceanic and Atmospheric Administration) 的日平均 OLR (Outgoing Longwave Radiation) 资料。

为了避免天气噪声的影响,所有日平均资料均进行了五天平均处理成候平均资料,每年有 73 候,闰年的二月最后一天不计算在候平均数据内。

2.2 各年南海夏季风爆发候的确定

要研究南海夏季风爆发与西北太平洋 TC 活动的关系,必须首先确定各年南海夏季风爆发的时间。南海夏季风爆发独特的特点是其在 $3^{\circ} - 22^{\circ} \text{ N}$ 的纬度范围内西南季风同时爆发 [23],气候平均的南海夏季风爆发候是 28 候(5 月第 4 候)。

本文采用 Wang 等[24]在 2004 年定义的南海夏季风爆发指数 U_{scs} 来确定 1965-2007 年的每年南海夏季风爆发候。 U_{scs} 指数的定义为: ($5^{\circ} \text{ N} - 15^{\circ} \text{ N}$, $110^{\circ} \text{ E} - 120^{\circ} \text{ E}$) 区域平均的 850hPa 纬向风。该 U_{scs} 指数能够表征: (1) 热带西南季风的突然建立; (2) 南海中北部区域雨季的爆发; (3) 整个东亚区域 ($0^{\circ} \text{ N} - 40^{\circ} \text{ N}$, $100^{\circ} \text{ E} - 140^{\circ} \text{ E}$) 夏季风的开始。南海夏季风爆发候确定的标准为 4 月 25 日后满足下列 2 个条件的首候: (1) 在爆发候 $U_{scs} > 0$; (2) 在接下来的四候(包括爆发候)中至少三候 $U_{scs} > 0$, 并且四候累计的平均 $U_{scs} > 1\text{m/s}$ 。1965-2007

年的每年南海夏季风爆发候见表 1。

表 1 1965—2007 年的各年南海季风爆发候

Table 1 Onset pentads of the SCS summer monsoon during 1965-2007.

1965—2007 年的各年南海季风爆发候											
Year	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
onset pentad	29	25	29	34	29	32	24	26	33	29	31
Year	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
onset pentad	26	28	29	27	27	31	31	31	32	30	27
Year	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
onset pentad	32	29	28	28	32	34	32	25	27	26	28
Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	ave
onset pentad	29	30	26	26	28	28	27	30	32	29	29

2.3 分析方法

本文主要采用合成分析的方法。根据表 1 中给出的各年南海夏季风爆发候，可得到每年季风爆发前后每一候的高低空风场及 TC 生成和活动的的数据。对 1965-2007 年这 43 年平均的季风爆发前后每一候的高低空风场和 TC 的活动进行分析。之后再将这 43 年按季风爆发时间早晚分类，对每类平均的爆发前后的风场、降水和 TC 活动进行分析。

文中西北太平洋指 5° - 30° N, 100° - 150° E 的海区，其中包括南海区域。南海区域指 5° - 25° N, 100° - 120° E 的海区。0 候指南海夏季风爆发候，-1、-2...-n 候指季风爆发前的 1、2...候，1、2...n 候指季风爆发后的 1、2...n 候。TC 频数分布指 JTWC 中 TC 的 6 小时位置落任意一个 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 格点上 M 次，即该格点的 TC 活动频数为 M，西北太平洋的 TC 活动频数指 (5° - 30° N, 100° - 150° E) 区域 231 个格点 TC 活动频数之和。南海的 TC 活动频数为 (5° - 25° N, 100° - 120° E) 区域 81 个格点 TC 活动频数之和。

3 南海夏季风爆发指数与 TC 活动

3.1 气候平均

首先分析多年气候的南海夏季风爆发指数 U_{scs} 与西北太平洋热带气旋活动的关系。如图 1 所示，多年平均的南海夏季风指数在第 28 候由负转正，即由东风转为西风，根据 Wang 等的定义[24]，即多年平均的南海夏季风在该候爆发。此时，西北太平洋上平均 TC 生成个数为 0.21，活动频数为 8.5，均为 5 月份 (25-30 候)最多。南海海域在 1-26 候时几乎无 TC 生成和活动，而从 27 候起 TC 活动频数明显增多，28 候起 TC 生成个数明显增多。说明多年平均的南海夏季风爆发时间也正是西北太平洋上 TC 活动较频繁和南海 TC 活动开始增多的时间。

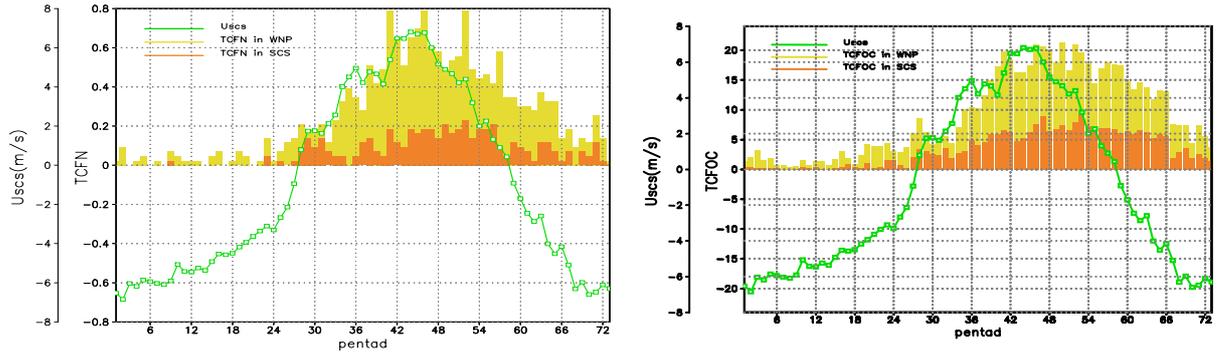


图1 1965-2007 年平均 U_{scs} 指数与西北太平洋（南海）tc 生成个数（左）、活动频数（右）图，绿色线为 U_{scs} 指数，黄色柱为西北太平洋 TC 生成个数（左）、活动频数（右），橙色柱为南海 TC 生成个数（左）、活动频数（右）

Fig.1 The average U_{scs} index and the formation number of TCs (left), the occurrence frequency of TCs (right) over WNP (SCS) of 1965-2007. green line denotes U_{scs} index, yellow bars denote the formation numbers of TC (left), the occurrence frequency of TC (right) over WNP, orange bars denote the formation numbers of TC (left), the occurrence frequency of TC (right) over SCS

南海季风爆发前后西北太平洋（南海）TC 活动有明显变化（见图 2），爆发前 4 候，平均每候西北太平洋上(南海)TC 生成个数为 0.08(0.006)，活动频数为 2.2(0.2)。爆发候和爆发后 3 候，平均每候西北太平洋上(南海)TC 生成个数为 0.27(0.11)，比爆发前增加了 2.4 倍（17.3 倍）；活动频数为 8.3(3.7)，比爆发前增加了 2.8 倍（17.5 倍）。说明南海夏季风的爆发伴随着季风槽的加强，从而可能有利于西北太平洋尤其是南海海域的 TC 生成和活动。值得注意的是，南海夏季风爆发前西北太平洋 TC 的生成频数具有明显的准两周振荡（图 1，2 左），TC 的活动频数也存在较明显的季节内振荡（图 1，2 右）。

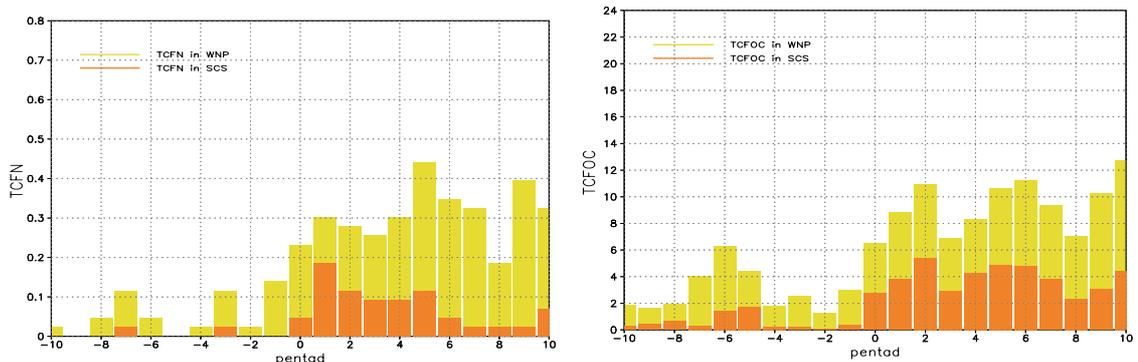


图 2 1965-2007 年平均的南海夏季风爆发前后 10 候西北太平洋(南海)tc 生成个数(左)和活动频数(右)图，黄色柱为西北太平洋 TC 生成个数(左)、活动频数(右)，橙色柱为南海 TC 生成个数(左)、活动频数(右)

Fig. 2 The average formation number of TCs (left) and the occurrence frequency of TCs (right) over WNP(SCS) during the pre-onset 10 pentads, onset pentad and post-onset 10 pentads of 1965-2007, yellow bars denote the formation numbers of TC (left), the occurrence frequency of TCs (right) over WNP, orange bars denote the formation number of TCs (left), the occurrence frequency of TCs (right) over SCS

3.2 个别年份

统计近 30 年（1979–2007）每一年南海夏季风爆发指数与 TC 频数的变化（表 2），可以发现，南海夏季风爆发前后均与西北太平洋的 TC 活动有一定的联系，在夏季风爆发候及爆发前 2 候内出现 TC 活动的年份为 20 年（见表 2），占总年份的 69%，这表明南海夏季风的爆发至少有一半的年份可能与 TC 的活动有关，TC 有可能是激发南海夏季风爆发的触发因子之一；而夏季风爆发之后的 3 候内出现台风活动的则有 23 年，占总年份的 79%，无台风活动的只有 6 年，这表明南海夏季风爆发后 TC 的活动有利于夏季西南季风的维持，同时季风槽的建立加深还有利于西太和南海台风的生成。

表 2 1979-2007 南海夏季风爆发前、后三候有无 TC 活动的年份统计表

爆发前 (-2-0 候)		爆发后 (1-3 候)	
有 TC 活动 (共 20 年)	无 TC 活动 (共 9 年)	有 TC 活动 (共 23 年)	无 TC 活动 (共 6 年)
79, 80, 83, 84,	81, 82, 87, 88,	79, 80, 81, 82,	83, 89, 90, 98,
85, 86, 89, 90,	91, 92, 93, 94,	84, 85, 86, 87,	01, 07
95, 96, 97, 99,	98	88, 91, 92, 93,	
00, 01, 02, 03,		94, 95, 96, 97,	
04, 05, 06, 07		99, 00, 02, 03,	
		04, 05, 06	

从个别年的南海夏季风爆发指数与西太平洋 TC 活动频数的时间变化曲线（图 3）可以发现二者在季节内振荡时间尺度上有比较好的正相关关系，且与南海北部的季风降水变化较为一致。这表明 TC 的活动有很强的季节内振荡特征，同时南海季风指数也有较强的季节内振荡，TC 活动可能通过季节内振荡激发南海夏季风的爆发。

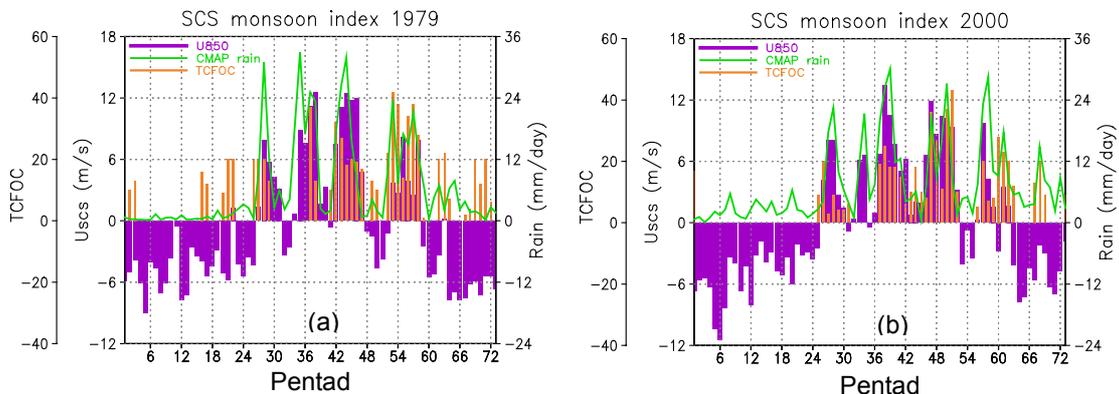


图 3 南海夏季风爆发指数（U850）、西北太平洋 TC 活动频数（TCFOC）及南海季风降水指数（CMAP RAIN）在 1979(a) 和 2000 年(b) 的时间序列。横坐标为候。

3.3 南海夏季风爆发前后 TC 活动的空间特征

为分析南海夏季风爆发前后的环流形式,本文给出了季风爆发前4候和爆发后4候(包括爆发候)的对流层低层和整层引导气流的流场图,并标出了TC生成和活动位置(图4和图5)。南海夏季风爆发前4候,西太副高中心在菲律宾附近,副高仍占据着南海,孟加拉湾处有一浅槽,赤道印度洋上有一对低涡。在对流层低层(1000–850hPa平均),西南风气流已跃上中南半岛,但尚未进入南海,南海中部仍被东风气流控制。西北太平洋上共有13个TC生成(其中南海仅有1个TC生成),生成位置大多位于 125°E – 145°E 的菲律宾以东洋面上,并基本上沿副高南侧和西侧活动。一方面,西北太平洋上这些TC在副高南侧和西侧活动,可能促使副高北上东撤离开南海,另一方面,部分TC沿引导气流进入南海,可能会在TC西侧引发西风气流,引导中南半岛的西南气流向东进入南海,从而对南海夏季风的爆发能起到一定的触发作用。南海夏季风爆发候和爆发后3候,西太副高撤出南海,副高中心东移到 160°E 附近。印度洋上赤道北侧的低涡与北边的南支槽合并而生成一支强的印缅槽,槽前西南气流强盛。西南季风占据整个南海,西北–东南向的季风槽在南海处建立。由于季风的爆发阻挡了副高的西伸,从而使西南季风稳定的维持,同时也由于季风槽在南海处建立,西北太平洋,尤其南海的TC生成个数和活动频数都明显增多。

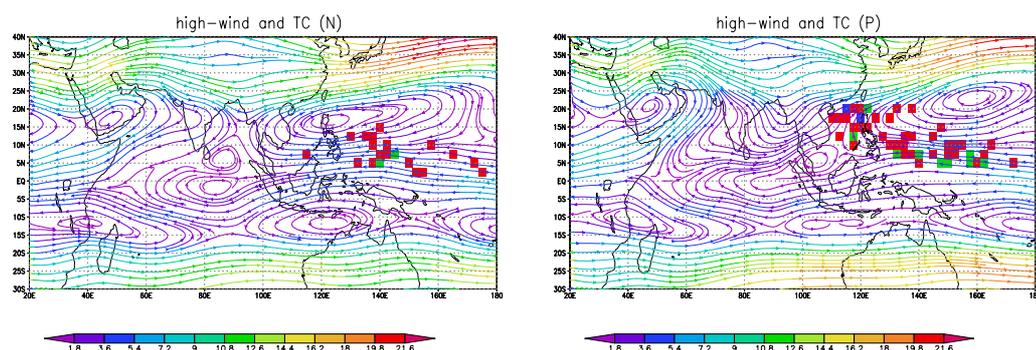


图4, 南海夏季风爆发前4候平均(左)和后4候平均(右)整层引导气流(700–300hPa平均)风场(单位: m/s)和TC生成位置图,彩色块表示TC生成位置,红色表示该格点有一个TC生成,绿色表示有两个,蓝色表示三个

Fig.4 4-pentad mean winds (unit: m/s) at the all troposphere (700–300hPa) and the locations of TC formation for (left) pre-onset period, (right) post-onset period, little color squares denote the locations of TC formation, a red square denotes one TC formation in the grid, green denotes two, blue denotes three

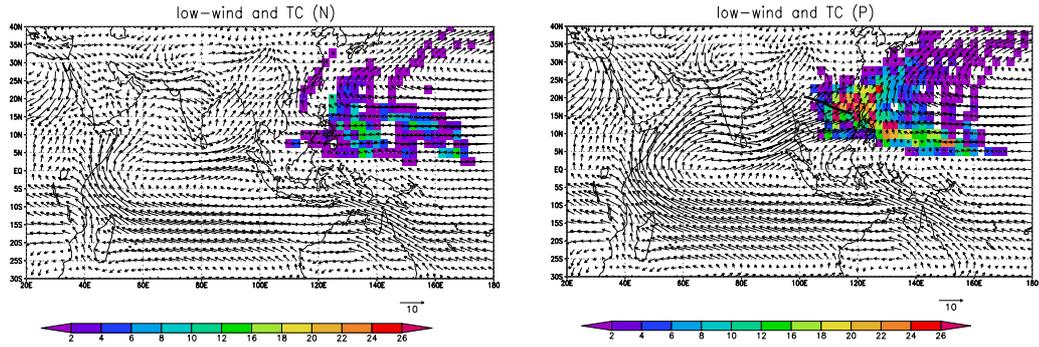


图 5, 南海夏季风爆发前 4 候平均 (左) 和后 4 候平均 (右) 对流层低层 (1000-850hPa 平均) 的风场 (单位: m/s) 和 TC 活动频数图, 彩色块表示 TC 活动频数

Fig.5 Four-pentad mean winds(unit: m/s) at the low troposphere (1000-850hPa) and the occurrence frequency of TCs for (left)pre-onset period, (right) post-onset period, little color squares denote the occurrence frequency of TCs

4 TC 活动与南海夏季风爆发早晚的关系

4.1 南海夏季风爆发早晚年的确定

1965-2007 年的南海夏季风平均爆发候为 29 候, 标准差为 2.5 候, 据此将南海夏季风的爆发分为爆发偏早 (27 候以前)、爆发正常 (28-30 候)、爆发偏晚 (31 候以后)。

表 3 南海夏季风爆发早、正常、晚年份表

Table 3 The years of early, normal or late summer monsoon onset over SCS

南海季风爆发偏早年 (共 13 年)		南海季风爆发正常年 (共 17 年)		南海季风爆发偏晚年 (共 13 年)	
爆发前 4 候 有 TC 活动 (共 10 年)	爆发前 4 候 无 TC 活动 (共 3 年)	爆发前 4 候 有 TC 活动 (共 8 年)	爆发前 4 候 无 TC 活动 (共 9 年)	爆发前 4 候 有 TC 活动 (共 5 年)	爆发前 4 候 无 TC 活动 (共 8 年)
1966	1972	1967	1965	1968	1970
1971	1994	1974	1969	1982	1973
1976	2004	1985	1977	1991	1975
1979		1989	1978	1993	1981
1980		1990	1988	2006	1983
1986		1997	1998		1984
1995		2002	1999		1987
1996		2007	2003		1992
2000			2005		
2001					

表 3 列出了南海夏季风爆发偏早、正常、偏晚年份, 同时列出了爆发前 4 候有、无 TC 影响年份。在 1965-2007 这 43 年中, 正常爆发的年份有 17 年, 其中 8 年 (占 47%) 在爆

发前 4 候有 TC 活动。偏早、偏晚爆发的年份各有 13 年。在偏早的 13 年中，有 10 年（占 77%）在爆发前 4 候有 TC 活动。而在偏晚的 13 年中，只有 5 年（占 38%）的在爆发前 4 候有 TC 活动。有 TC 活动年平均爆发侯为 28.26 候，无 TC 活动年平均爆发侯为 29.75 候，相差 1.5 候左右。说明西北太平洋的 TC 活动，可能会对南海夏季风的偏早爆发起到一定作用。

4.2 南海夏季风爆发指数与 TC 频数

南海夏季风爆发偏早、偏晚年，热带东印度洋 850hPa 纬向风由负转正的平均时间都是第 24 候（见图 6）。爆发偏早年，在热带东印度洋由东风转西风后仅 3 候（27 候），南海中部即由东风转西风，南海夏季风爆发，到 6 月上中旬，南海的西南气流又有所减弱，到 34 候重新加强。而爆发偏晚年，则是在热带东印度洋西南气流爆发后 8 候（32 候），南海夏季风才爆发，并在爆发后 5 候内，西南季风一直加强。爆发偏早年 and 偏晚年，全年西北太平洋上 TC 活动频数大体相当，分别为 756 和 713。但爆发偏早年，5 月份西北太平洋的 TC 活动频数（63.6）是爆发晚年频数（19.8）的 3.2 倍，爆发偏早年的 TC 活动在 6 月上半月有所减少，31-32 候共为频数 17.9，但仍是偏晚年份频数（6）的 3 倍。比较南海夏季风爆发偏早和偏晚年的各指数可以发现，爆发偏早年的南海夏季风爆发伴随着一次明显的 30-60 天的季节内振荡过程，且 850 百帕上的西风从东印度洋到西太平洋均表现为同步的季节内振荡特征，该季节内振荡与 TC 活动频数的季节内振荡较为一致。

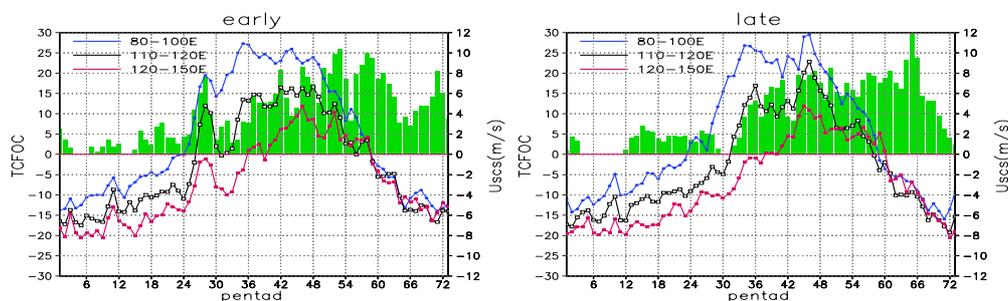


图 6 区域平均 850hPa 纬向风与西北太平洋的 TC 活动频数图，（左）爆发早年，（右）爆发晚年，（左）绿色柱表示西北太平洋 TC 频数，蓝色、黑色、红色线条分别表示（80-100° E, 5-15° N）、（110-120° E, 5-15° N）、（120-150° E, 5-15° N）区域平均的 u850

Fig. 6 The area mean zonal wind of 850hPa and the occurrence frequency of TCs in WNP, (left) the early onset years, (right) the late onset years, green bars denote the occurrence frequency of TCs in WNP, blue, black, red line denotes the area mean u850 of (80-100° E, 5-15° N)、(110-120° E, 5-15° N)、(120-150° E, 5-15° N) respectively

4.3 TC 生成位置与季节内振荡 (ISO)

南海夏季风爆发偏早年（图 7），2、3 月份的西北太平洋 TC 生成位置偏西，4 月下旬到 5 月上旬，TC 生成个数较多，且生成位置偏西。在 5 月上旬，850hPa 西风和降水大于 5mm/天的雨带迅速东伸至 140° E 左右，南海 TC 生成个数显著增加，之后西风气流和雨带西撤，

到6月中旬重新东伸。而爆发偏晚年，早春时期 TC 生成位置偏东，整个5月份 TC 生成极少，到6月上中旬，随着低层西风气流和雨带缓慢东伸，西北太平洋和南海的 TC 活动才逐渐增加。由此可以推测，爆发偏早年份，4月下旬到5月上旬的 TC 活动，能够对南海夏季风的爆发和西南气流与雨带的迅速东伸起到了一定的触发作用。另外值得注意的是在南海夏季风爆发早年，赤道以北 5-15N 范围平均的西太平洋东风在爆发前的冬季开始存在明显的 30-60 天的季节内振荡，在 ISO 的东风减弱位相存在 TC 的群集性生成；而夏季风爆发偏晚年则没有这种较为规则的季节内振荡信号，这意味着南海夏季风爆发偏早可能从冬季开始的 ISO 和 TC 生成位置和频数特征来进行预报。

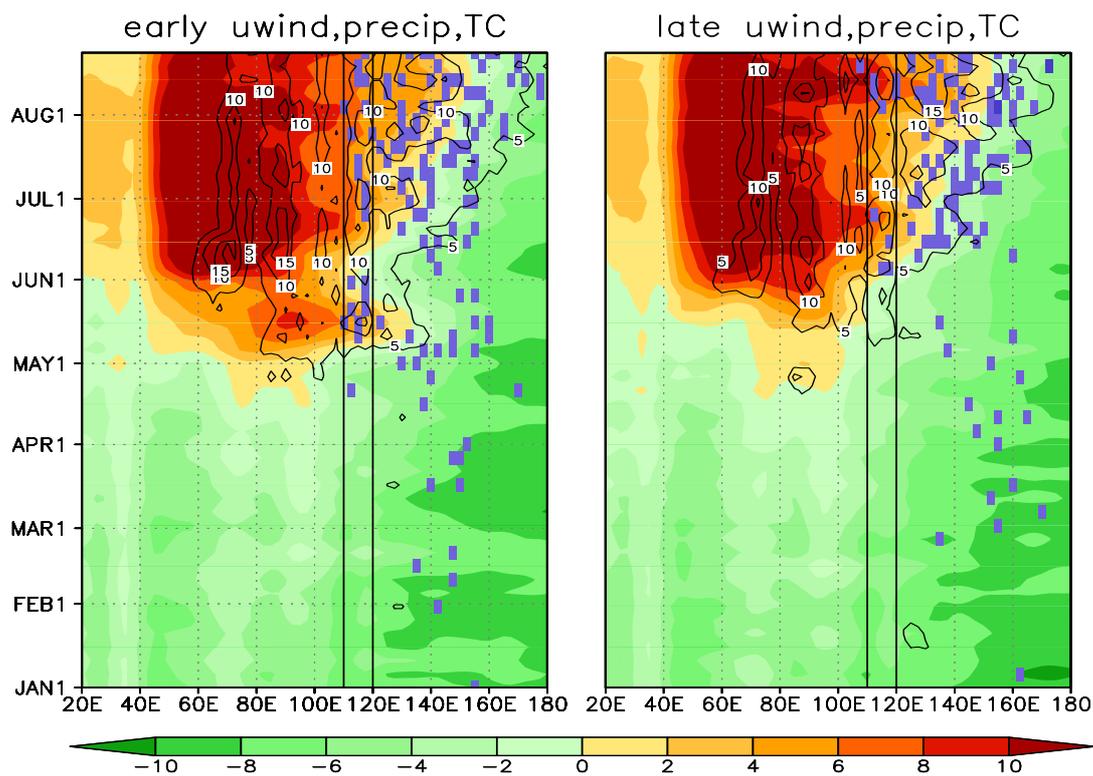


图7 5-15° N 平均 850hPa 纬向风 (单位: m/s)、5-20° N 平均降水与西北太平洋的 TC 生成图 (左) 爆发早年, (右) 爆发晚年, 填充色为 850hPa 纬向风, 等值线为大于 5 毫米/天的降水率, 蓝色色块为 TC 生成位置

Fig.7 Time-Latitude cross section of composite u_{850} (unit: m/s) along 5-15°N, composite rainfall along 10-20°N and the composite locations of TC formation along 5-20°N, (left) the early onset years, (right) the late onset years, Shading denotes u_{850} , counters denote rainfall greater than 5mm/day, little blue squares denotes the locations of TC formation

南海夏季风爆发偏早、偏晚年有着不同的对流传播特征 (图 8), 在偏早年, 从爆发前 4 候开始, 东印度洋 (80° E 左右) 和西北太平洋 (180° E 左右) 同时有较强对流出现并向东和向西传, 而北半球中纬度地区 (38° N 左右) 和南半球 (5° S 左右) 区域有较强对流出现并向南和向北传, 到爆发候 (0 候) 在南海处交汇并加强。在偏晚年, 季风爆发前 4 候也有东印度洋的对流起来并向东传, 但没有同时的西北太平洋的对流向西传。异常对流向南传或

向北传的趋势也不明显。结合上文的分析可以推测，南海季风爆发偏早年份，促使季风爆发的因素较复杂，有来自东印度洋的 ISO 影响，也有来自西北太平洋的 TC 活动造成的对流向西传的影响，还受北方中纬度冷空气活动的影响。而南海夏季风爆发偏晚的年份，促使季风爆发的因素较简单，主要就是受来自东印度洋的 ISO 影响。

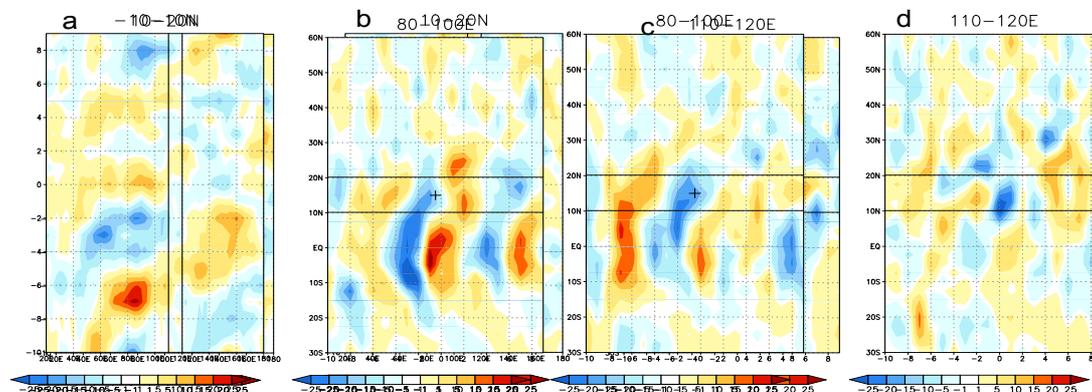


图 8 (a), (b) 10-20° N 平均异常 OLR 的时间-经度剖面图, (c), (d) 110-120° E 平均异常 OLR 的纬度-时间剖面图 (a), (c) 爆发早年, (b), (d) 爆发晚年, 单位: W/m^2

Fig.8 (a),(b)time- Longitude cross section of the composite anomaly OLR along 10-20°N, (c),(d)Latitude-time cross section of the composite anomaly OLR along 110-120°E (a), (c)the early onset years, (b), (d) the late onset years, Unit: W/m^2

5 结论

(1)南海夏季风爆发前后西北太平洋（南海）TC 活动有明显变化，爆发后 4 候（包括爆发候）西北太平洋上(南海)TC 生成个数和活动频数比爆发前 4 候分别增加了 2.4 倍（17.3 倍）和 2.8 倍（17.5 倍）。说明南海夏季风的爆发有利于西北太平洋尤其是南海海域的 TC 生成和活动。

(2)大多数（77%）南海夏季风爆发偏早年份，爆发前 4 候西北太平洋上有 TC 活动。大多数（62%）爆发偏晚年份，爆发前 4 候没有 TC 活动。季风爆发偏早年份，4 月末和 5 月初西北太平洋的 TC 生成个数偏多，生成位置偏西，5 月份西北太平洋上 TC 活动很多。爆发偏晚年份，3、4 月份西北太平洋上 TC 生成位置偏东，5 月份和 6 月上半月 TC 的生成和活动很少。

(3) 南海夏季风爆发偏早的年份，季风的爆发既受东印度洋的 ISO 东传的影响，也受西北太平洋对流西传和北半球中纬度对流向南传的影响。而在爆发偏晚年份，季风的爆发主要是受到东印度洋上 ISO 东传的影响。

参考文献:

- [1] Harr P A , Elsberry R L. Large-scale circulation variability over the tropical western North Pacific. Part I : Spatial patterns and tropical cyclone characteristics. *Mon Wea Rev*, 1995 , 123 :1225-1246
- [2] Gray W M. Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation. In : Shaw D B , ed. *Meteorology over the Tropical Oceans*. Roy Meteor Soc , Bracknell , Britain ,1979. 155-218
- [3] 孙秀荣, 端义宏. 对东亚夏季风与西北太平洋热带气旋频数关系的初步分析. *大气科学*, 2003, 27 (1) :67-74
- [4] Harr P A , Elsberry R L. Tropical cyclone track characteristics as a function of large-scale circulation anomalies. *Mon Wea Rev* , 1991 ,119 :1448-1468
- [5] 孙颖,丁一汇. 1998 和1999 年西北太平洋热带气旋的异常特征及其大尺度条件. *气象学报*, 2002 ,60 (5) :527-537
Sun Ying , Ding Yihui. Anomalous activity of tropical cyclone over the western North Pacific and the related large-scale circulation features during 1998 and 1999. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)* , 2002 , 60 (5) :527-537
- [6] 王慧,丁一汇,何金海. 西北太平洋夏季风的变化对台风生成的影响. *气象学报* , 2006 ,64 (3) :345-356
- [7] 高建芸,张秀芝,江志红,游立军. 西北太平洋季风槽异常与热带气旋活动. *海洋学报* ,2008 ,30 (3) :35-47
- [8] Lau, K.-M, S. Yang. Climatology and interannual variability of the southeast Asian summer monsoon. *Adv. Atmos.Sci* , 1997, 14 : 141–162.
- [9] 何有海,彭楚明,关翠华, 林锡贵, 王东晓. 南海夏季风爆发与大气对流低频振荡的年际变化. *大气科学* ,2000 ,24 (6) : 785-794
- [10] 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. *气候与环境研究* ,2000 ,5 (4) : 388-399
- [11] 戴念军,谢安,张勇. 南海夏季风活动的年际和年代际特征. *气候与环境研究* ,2000 ,5 (4) : 363-374
- [12] Wu, R.-G , B. Wang. Interannual Variability of Summer Monsoon Onset over the Western North Pacific and the Underlying Processes. *J Climate* , 2000 , 13 : 2483–2501.
- [13] 陈隽,金祖辉. 影响南海夏季风爆发因子的诊断研究. *气候与环境研究* ,2001 ,6 (1) : 19-32
- [15] 温之平,黄荣辉,贺海晏,蓝光东. 中高纬大气环流异常和低纬30~60天低频对流活动对南海夏季风爆发的影响. *大气科学* ,2006 ,30 (5) : 952-964
- [16] Chan J C L. Tropical cyclone activity in the Northwest Pacific in relation to the El Nino/ Southern Oscillation phenomenon. *Mon Wea Rev* , 1985 ,113 :599-606
- [17] Wang B , Chan J C L. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western north Pacific. *J Climate* , 2002 ,15 :1643-1657
- [18] Nakazawa T. Intraseasonal variation of OLR in the tropics during the FGGE year. *J Meteor Soc Japan* ,1986 ,64 :17-34
- [19] Nakazawa T. Tropical super clusters within intraseasonal variations over the western Pacific. *J Meteor Soc Japan* , 1988 ,66 :823-839
- [20] Liebmann B , Hendon H H , Glick J D. The relationship between tropical cyclones of the western Pacific and Indian Oceans and the Madden-Julian oscillation. *J Meteor Soc Japan*. 1994 , 72 : 401-411
- [21] Harr P A. Monsoon impacts on tropical variability. The 3rd International Workshop on Monsoon (IWM2 III) : (I) The Reviews on the Current State of Research/ Forecasting of Monsoon. World Meteorological Organization (WMO) , WMO Tropical Meteorology Research Programme (TMRP) Commission for Atmospheric (CAS) , 2004 ,11. 255-287
- [22] 祝从文, Nakazawa T , 李建平. 大气季节内振荡对印度洋-西太平洋地区热带低压/ 气旋生成的影响. *气象学报*. 2004 ,62(1) :42-50
Zhu Congwen , Nakazawa T , Li Jianping. The effects on Indian Ocean-West Pacific tropical low pressure/ cyclone formation of meteorological intraseasonal oscillation. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)* , 2004 ,62 (1) : 42-50
- [23] Mao, J., and G. Wu. Influences of Typhoon Chanchu on the 2006 South China Sea summer monsoon onset. *Geophys. Res. Lett.*, 2008, 35, L12809, doi:10.1029/2008GL033810.
- [24] Wang B , LinHo , Y.-S. Zhang, M.-M. LU. Definition of South China Sea Monsoon Onset and Commencement of the East Asia Summer Monsoon. *J Climate*, 2004, 17 : 1643–1658.