0577-6619/2009/67(1)-0100-07 *Acta Meteorologica Sinica* 气象学报

中南半岛与南海热力差异对南海季风爆发的影响*

刘宣飞 李 青 何金海 王 平
LIU Xuanfei LI Qing HE Jinhai WANG Ping

南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室，南京，210044
Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China
2007-01-15 收稿，2008-06-27 改回.

Liu Xuanfei, Li Qing, He Jinhai, Wang Ping. 2009. Effects of the thermal contrast between Indo-China Peninsula and South China Sea on SCS monsoon onset. *Acta Meteorologica Sinica*, 67(1): 100－107

Abstract By using 1958－1998 NCEP/NCAR reanalysis data and 1975－1998 OLR data, the seasonal and interannual variations of the thermal contrast between Indo-China Peninsula (ICP) and South China Sea (SCS) are analyzed, along with the effects of such a thermal contrast on the SCS monsoon onset (SCSMO). It is shown that there exists significant seasonal evolution for such a thermal contrast. The surface temperature of ICP is higher than that of SCS during the 3rd－25th pentad due to the effects of the sensible heating in ICP. After the 25th pentad, such a thermal gradient will reverse, in response to the decrease of the surface temperature of ICP, which is resulted from the convection and rainfall there in the 22－23th pentad. Furthermore, the above seasonal evolution of the discussed thermal contrast also demonstrates a remarkable interannual change, which plays an important role in the SCSMO. The reversion of the thermal contrast happens prior to (or simultaneously with) the SCSMO each year during 1958－1998, thus becoming a precondition for the SCSMO. The earlier (later) the date on which the surface temperature of ICP becomes higher (lower) than that of SCS, the later the SCSMO.
Key words South China Sea monsoon onset, Indo-China Peninsula, Land-sea thermal contrast

摘 要 利用 1958—1998 年 NCEP/NCAR 再分析资料和 1975—1998 年 OLR 资料，分析了中南半岛与南海热力差异的季节和年际变化特征，以及这种热力差异对南海季风爆发的影响。结果表明，中南半岛与南海热力差异存在明显的季节变化，从第 3 候开始，感热加热的作用使中南半岛地表温度高于南海并一直持续到第 25 候，之后，中南半岛与南海热力差异发生逆转，这种逆转是由于第 22—23 候出现在中南半岛的对流及降水造成中南半岛地表温度降低所致。进一步研究指出，中南半岛与南海热力差异的上述季节变化特征还表现出显著的年际差异，这种年际差异对南海季风的爆发有着重要影响。首先，上述热力差异的逆转是南海季风爆发的一个必要条件：1958—1998 年，逆转时间均早于(或等于)南海季风爆发时间；其次，中南半岛地表温度高于南海的持续时间与南海季风爆发日期之间呈显著正相关，即中南半岛地表温度高于南海的时间越早、转为低于南海的时间越迟，则南海季风爆发越迟。
关键词 南海季风爆发，中南半岛，海陆热力差异
中图法分类号 P462.4+1 P467

1 引 言

季风的形成与太阳辐射、海陆热力差异和青藏高原大地形关系密切(陈隆勋等，1991)。其中太阳辐射是根本原因，海陆热力差异的季节演变是基本因子，青藏高原不仅对大气环流产生动力影响，它也

* 资助课题：中国气象局气候变化专项(CCSF2007-2)和国家自然科学基金重点项目(40633018)。
作者简介：刘宣飞，主要从事季风与海气相互作用研究。E-mail: lxf@wxgyxy.cn

通过影响辐射收支和热量平衡对海陆热力差异起到重要的放大作用。

南海地区由于其独特的地理位置而成为典型的季风区,一般认为南海季风在5月中旬爆发(高辉等,2001),但对其爆发机制尚没有一致的观点,概括起来,主要有海温影响(Chen,et al, 1998;刘洪庆等,1999)、热带大气低频强迫(穆明权等,2000)、中纬度触发作用(Chang,et al, 1995)、海陆热力差异(Li,et al, 1994)、高原影响(He,et al, 1987;吴国雄等,1998;梁潇云等,2005)等。通过1998年开展的南海季风试验(SCSMEX),人们加深了对南海季风爆发机制的认识(丁一汇等,2004),认为热带大尺度环流系统和热力状况从冬到夏的季节演变决定着季风爆发的总体进程,南海季风爆发是东亚大气环流对海陆热力差异季节变化的响应。

人们普遍注意到,由亚洲大陆及其南侧海洋(甚至南半球)之间构成的大尺度经向海陆热力差异导致了夏季亚洲热带低(高)层盛行偏西(东)气流。Li等(1994)认为,青藏高原加热产生热力平流影响东亚大陆增温,在大陆—南海之间造成南北温差,从而影响南海季风的爆发。何金海等(2000)指出,伴随南海季风的爆发,亚洲低纬地区的南北温差和纬向风垂直切变符号也发生转变。简茂球等(2000)强调,南海季风的爆发与对流层中上层南北温差逆转密切相关,南北温差逆转是由于10°—30°N纬度带对流层的季节性增暖所致。

相对而言,对于中南半岛与南海之间的局地纬向海陆差异及其对南海季风爆发的影响研究较少。陈晶华等(1991)、梁潇云等(2006)通过数值试验发现,亚洲南部次尺度的海陆分布对亚洲夏季风形成有重要作用。王世玉等(2001)、任雪娟等(2002)分别通过对1998年地面加热场的分析和数值试验指出,中南半岛与南海之间的热力差异是叠加在大尺度海陆热力差异背景之上的一种附加热力作用,对南海季风的爆发起着促发作用。徐海明等(2002)、张耀存等(2002a;2002b)分析了中南半岛地区的热力特征及其对南海季风爆发的影响。郑彬等(2006)认为:中南半岛强对流造成降水增大并通过陆面过程使中南半岛与南海之间的低层气温差出现符号逆转,这为南海季风爆发提供了必要的条件。

许多研究指出(何金海等,2000;谢安等,1996),西太平洋副热带高压(副高)首先在孟加拉湾断裂并向东撤出南海是南海季风爆发前大气环流的一个重要演变特征,因此,解释副高断裂并东撤就成为南海季风爆发机制的一个重要内容。一般认为,副高的上述变化与中南半岛的强感热加热和对流活动有关(徐海明等,2002;温敏等,2004)。刘屹岷等(2003a;2003b)采用个例分析和数值模拟方法,讨论了孟加拉湾地区(覆盖部分中南半岛)的对流潜热加热对副高"撤出"南海和南海季风爆发的影响。

南海处于大尺度经向和局地纬向海陆热力差异均有影响的区域。本文将在大尺度经向海陆热力差异的背景下,研究中南半岛与南海之间的纬向局地热力差异的季节变化特征及其对南海季风爆发的影响。采用的资料包括:1958—1998年的NCEP/NCAR逐候再分析资料和1975—1998年的逐候OLR资料。

2 中南半岛与南海热力差异的季节变化特征

图1a给出了1958—1998年平均的沿10°—20°N地表温度随经度-季节的演变,该纬度带平均的地形高度随经度的分布附在该图下方。冬季,冷中心位于中南半岛105°E附近,中南半岛地表温度明显低于南海;第1—12候,中南半岛地表温度从22 ℃迅速上升到24—27 ℃,而这时孟加拉湾和南海-西太平洋的海表温度则变化不大;第12候以后,中南半岛西部(100°E以西)和南海-西太平洋的地表温度迅速升高,而中南半岛东部(100°—110°E)地表温度升高缓慢,第20—24候,在中南半岛西部(96°E附近)出现了30 ℃的高温中心,此时南海的海表温度在27—28 ℃,中南半岛地表温度高于南海;第24—28候,南海的海表温度持续攀升到了29 ℃,而中南半岛西部的地表温度却开始下降、东部变化不大,造成中南半岛地表温度低于南海,且这种温度梯度一直持续整个夏季。因此,中南半岛与南海地表温度差异的季节变化经历了由负变正、再由正变负的两次符号转变。

为进一步看清中南半岛与南海热力差异的季节变化特征,取(10°—20°N,90°—105°E)代表中南半岛,(10°—20°N,105°—120°E)代表南海地区,图1b

给出了这两个区域平均的地表温度季节变化曲线，图 1c 则给出了两条曲线的差值(中南半岛减南海)。由图可见，第 3—25 候中南半岛地表温度高于南海，其他时间则是中南半岛地表温度低于南海。中南半岛与南海的热力差异在季节变化中分别在第 3 候和第 25 候出现符号转变现象。

中南半岛与南海地表温度的上述季节变化特征主要反映了海陆热力特性的不同。冬(夏)季海洋相对暖(冷)，而大陆相对冷(暖)，图 1b 中两条曲线的差异主要是位相差，振幅差异不大，这可能与所取的区域并没有严格区分海陆有关。由图 1b 可见，第 25 候热力差异的逆转是由于中南半岛地表温度从第 23 候开始下降而南海仍在升温的缘故。照理第 23 候(4 月下旬)处于春分以后，太阳已经直射北半球，陆地和海洋均应处于升温时期，但这时中南半岛地表温度却不升反降，其原因将在后面分析。

中南半岛与南海地表温度差异在第 25 候的逆转比南海季风爆发的平均日期早 3 候，这种逆转是否对南海季风爆发有影响？下面将讨论这个问题。

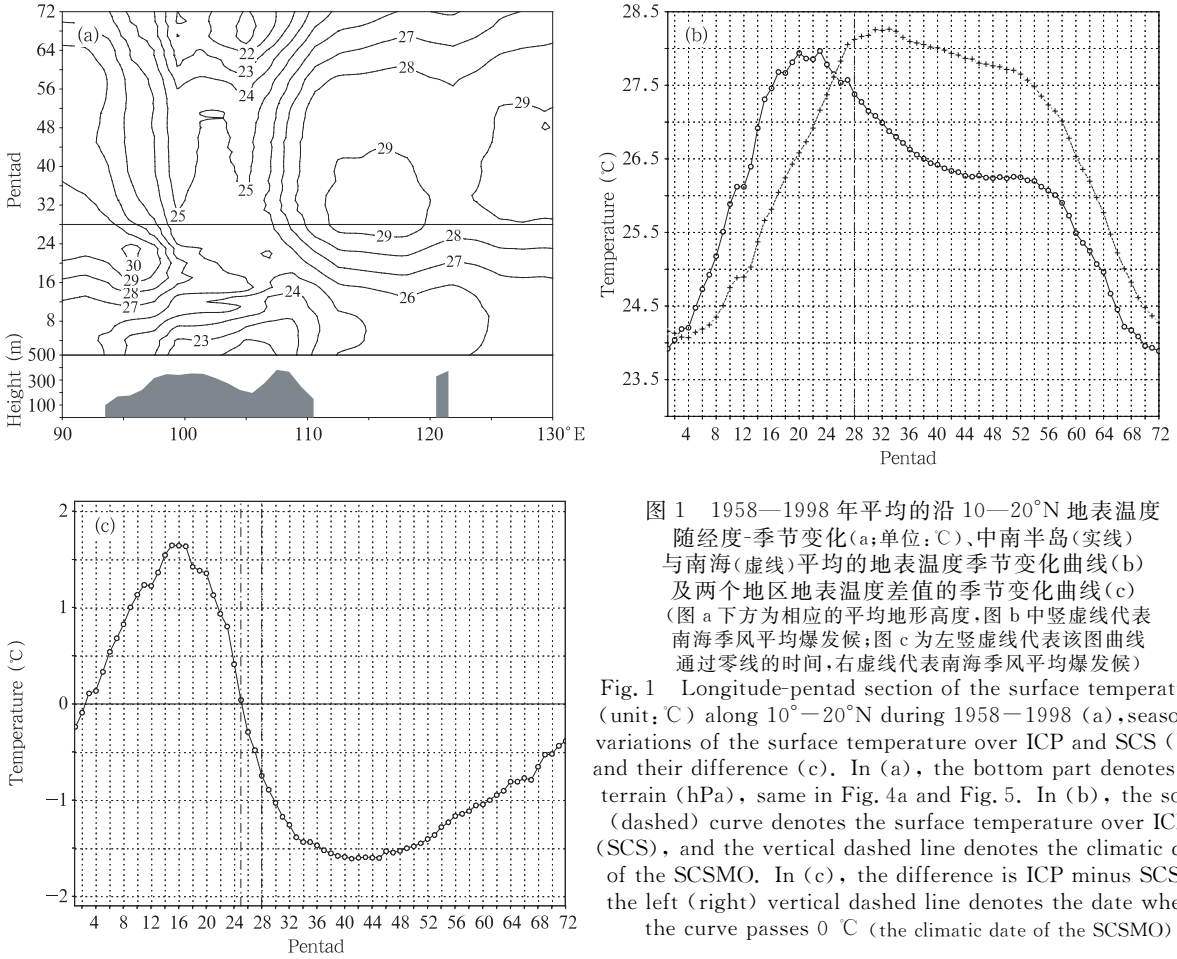

图 1 1958—1998 年平均的沿 10—20°N 地表温度随经度-季节变化(a;单位:℃)、中南半岛(实线)与南海(虚线)平均的地表温度季节变化曲线(b)及两个地区地表温度差值的季节变化曲线(c)(图 a 下方为相应的平均地形高度，图 b 中竖虚线代表南海季风平均爆发候;图 c 为左竖虚线代表该图曲线通过零线的时间，右虚线代表南海季风平均爆发候)

Fig. 1 Longitude-pentad section of the surface temperature (unit: ℃) along 10°—20°N during 1958—1998 (a), seasonal variations of the surface temperature over ICP and SCS (b), and their difference (c). In (a), the bottom part denotes the terrain (hPa), same in Fig. 4a and Fig. 5. In (b), the solid (dashed) curve denotes the surface temperature over ICP (SCS), and the vertical dashed line denotes the climatic date of the SCSMO. In (c), the difference is ICP minus SCS, the left (right) vertical dashed line denotes the date when the curve passes 0 ℃ (the climatic date of the SCSMO)

3 南海季风爆发前后大气环流场及温度场的变化特征

南海季风爆发的平均日期为第 28 候(高辉等，2001)。下面对南海季风爆发前后大气环流场和温度场的变化进行合成分析(爆发后第 1 候减爆发前 1 候的差值场)。图 2a、2b 分别为地表温度和 850 hPa 气温的变化情况。图 2a 中，欧亚大陆和北太平洋为增温区，欧亚大陆有 3 个增温中心，中国沿海有 1 个增温中心，而印度洋和南半球则为降温区，降温中心位于澳大利亚大陆。南海季风就是在欧亚大陆增暖、南半球变冷这样一种大尺度经向温度梯度改

变的背景下爆发的。

同时注意到，印度半岛、中南半岛虽处于欧亚大陆但却为降温区，0 ℃等变温线在中南半岛和南海的交界处为近南北走向，而在其他经度上为近东西走向，中南半岛的降温和南海的增温构成了局地的纬向海陆热力差异，这种热力差异同样表现在850 hPa上(图 2b)。

爆发前 1 候的 850 hPa 上(图略)，孟加拉湾及中南半岛大部分地区为西南气流控制，而整个南海地区均为反气旋性环流覆盖，西太平洋副高仍盘踞在南海上空，爆发后 1 候，孟加拉湾、中南半岛和南海变为一致的西南气流，副高已经撤出南海，移到了125°E 以东的洋面上。图 3 给出了南海季风爆发前后的环流差值场(爆发后 1 候减爆发前 1 候)，在850 hPa 上(图 3a)，15°N 以南偏西气流加强，南海北部出现气旋性环流中心，在 200 hPa 上(图 3b)，整个图面均为偏东气流，但在中南半岛与南海的交界处有偏南风分量。

南海季风爆发前后大气环流场和温度场的上述变化是相互协调的。上一节提到，中南半岛与南海的热力差异在第 25 候就转变为西冷东暖的温度梯度，根据热成风原理，在这样一种局地纬向温度梯度作用下，中南半岛与南海交界地区的南风将随高度增强。而北暖南冷的大尺度经向海陆热力差异使亚

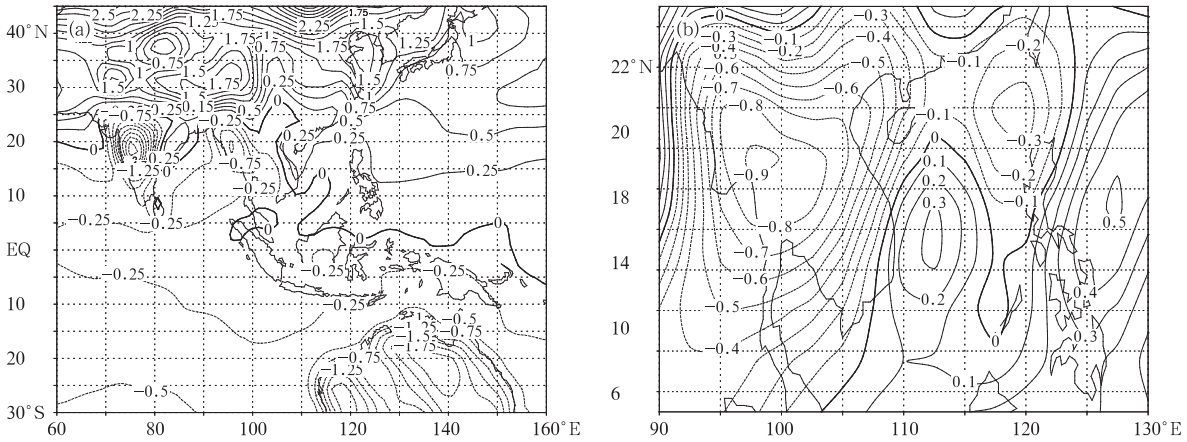

图 2　南海季风爆发前后的温度场差值分布

(爆发后 1 候减爆发前 1 候；a. 地表温度场，b. 850 hPa 气温场；单位：℃)

Fig. 2　The temperature difference (℃) between the +1 and −1 pentads at surface (a) and 850 hPa (b) with the SCSMO date as the 0 pentad

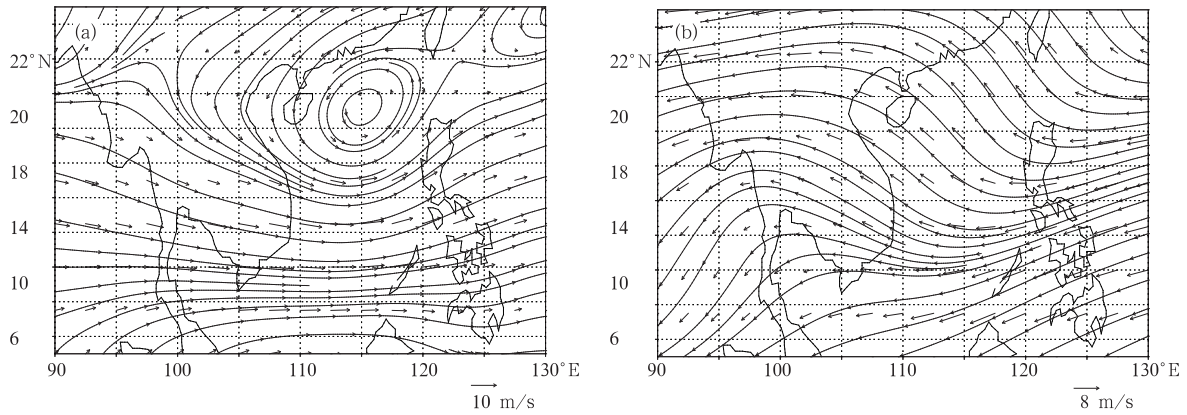

图 3　南海季风爆发前后(爆发后 1 候减爆发前 1 候)环流差值场 (a. 850 hPa；b. 200 hPa)

Fig. 3　The atmospheric circulation difference at 850 hPa (a) and 200 hPa (b) between the +1 and −1 pentads, with the SCSMO date as the 0 pentad

洲热带地区表现为东风随高度增强。

4 中南半岛与南海热力差异季节变化的成因

中南半岛与南海的热力差异为什么会在第 25 候发生逆转？图 4a 为沿 10°—20°N 平均的感热加热随经度-季节的变化。南海季风爆发前，大于 30 W/m² 的感热加热位于中南半岛所在的经度范围内，而南海和孟加拉湾的感热加热较小，南海季风爆发后，中南半岛上的感热加热迅速减弱，甚至转为对大气的负加热。图 4b 为中南半岛与南海感热加热差值的季节变化，南海季风爆发前，中南半岛感热加热比南海强的特征非常明显。将图 4 与图 1 对比可知：从第 3 候开始，由于海陆热力特性的固有差异造成中南半岛陆面比南海海洋升温快，中南半岛的迅速增温引起的对大气的强感热加热，使得中南半岛对流层低层气温高于南海，这种温度差异一直持续到南海季风爆发前的第 25 候。

图 5 为沿 10°—20°N 平均的 OLR 随经度-季节的变化。由图可见，对流于第 22—23 候首先出现在中南半岛上空，对流活动引起中南半岛降水增大，导致陆面过程发生改变（郑彬等，2006），使中南半岛与南海之间的低层气温差在第 25 候出现符号逆转。我们知道，中南半岛季风爆发日期一般在 4 月下旬到 5 月初，主要表现为对流性降水增加，由此推测，中南半岛季风爆发后，引起的局地纬向温度梯度逆转有利于南海夏季风的随后爆发。

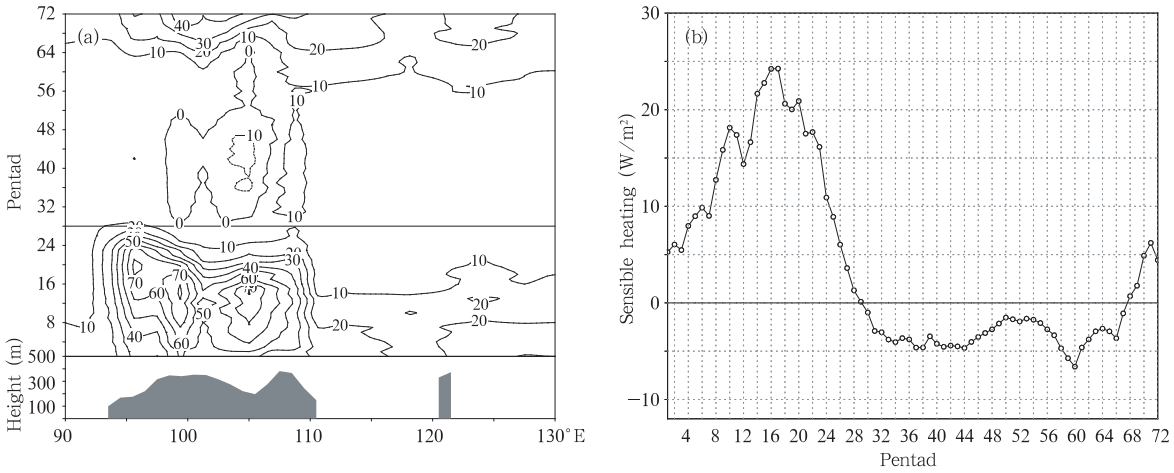

图 4 1958—1998 年平均的沿 10°—20°N 感热加热随经度-季节变化图(a)；中南半岛和南海平均的感热加热差值(中南半岛减南海)的季节变化曲线(b)(单位：W/m²)(4a 中阴影表示相应高度)

Fig. 4 Longitude-pentad section of sensible heating along 10°—20°N during 1958—1998 (a) and the seasonal variation of the sensible heating difference between ICP and SCS (b) (W/m²)

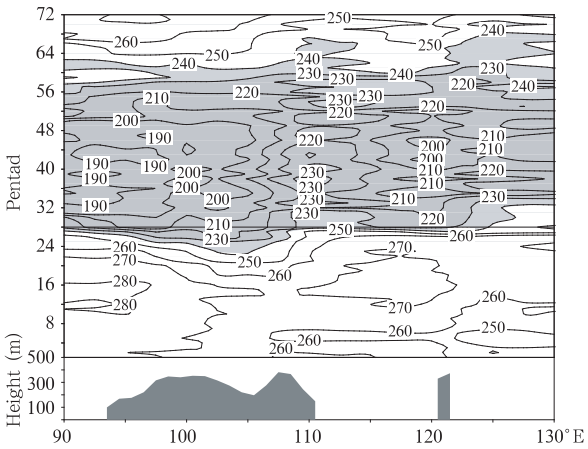

图 5 同图 4a，但为 OLR

(阴影区表示 OLR<240 W/m²)

Fig. 5 As in Fig. 4a, but for OLR

(Shaded areas denote OLR<240 W/m²)

中南半岛与南海热力差异季节变化的成因可概括为：随着北半球太阳辐射从冬到夏的逐渐增强，由于海洋和陆地热力特性的差异，中南半岛增暖快于南海，中南半岛的迅速增温引起对大气的强感热加热使得中南半岛对流层低层气温比南海高；第 22—23 候首先出现在中南半岛上空的对流活动通过陆面过程使得中南半岛地表温度开始下降，并于第 25 候降至低于南海，中南半岛与南海的热力差异发生逆转，变成了西冷东暖的温度梯度。

5 中南半岛与南海热力差异对南海季风爆发的影响

从图 6 给出的 1958—1998 年中南半岛与南海热力差异由正转负日期和南海季风爆发日期（高辉等，2001）可以看出：1958—1998 年，中南半岛与南海热力差异由正转负日期均早于（或等于）南海季风爆发日期，无一例外，说明中南半岛与南海热力差异由正转负是南海季风爆发的一个必要条件。

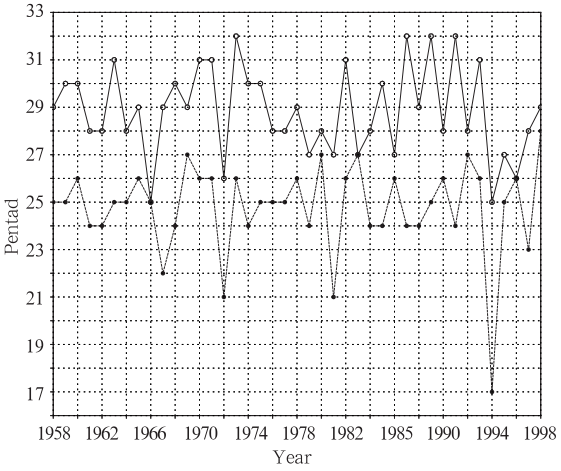

图 6 1958—1998 年中南半岛与南海热力差异由正转负日期（虚线）和南海季风爆发日期（实线）（单位：候）

Fig. 6 The interannual variation of the SCSMO date (solid) and the reversion date (dashed) of the thermal contrast between ICP and SCS during 1958－1998 (in pentad)

为定量分析中南半岛与南海热力差异的年际变化与南海季风爆发的关系，定义中南半岛与南海热力差异指数（$I_{i\text{-}s}$）为：中南半岛与南海热力差异从由负转正到由正转负所持续的时间（候数）。1958—1998 年的 $I_{i\text{-}s}$ 和南海季风爆发日期之间的相关系数达 0.56，超过 0.01 的统计信度。这意味着，中南半岛地表温度高于南海的时间越早、转为低于南海的时间越迟，则中南半岛与南海之间正的温度梯度越明显，要发生逆转就较困难，南海季风爆发也就越迟。

将 $I_{i\text{-}s}$ 指数标准化后，$\sigma>1$ 的年份称为温度梯度逆转偏晚年（共 7 年，分别为 1960、1963、1980、1987、1989、1990、1991 年），$\sigma<-1$ 为温度梯度逆转偏早年（共 6 年，分别为 1962、1966、1972、1981、1994、1997 年）。温度梯度逆转偏晚（早）年平均的南海季风爆发日期为 30.4（26.5）候，比正常年偏晚（早）。图 7 为第 28 候的 850 hPa 流场合成图。温度梯度逆转偏晚年（图 7a），这时南海季风尚未爆发，副高仍然控制南海的东部，而中南半岛和南海西部已经盛行西南气流，温度梯度逆转偏早年（图 7b），这时南海季风已经爆发，副高撤到 125°E 以东洋面，中南半岛和南海均为西南气流控制。两者的差异十分显著。

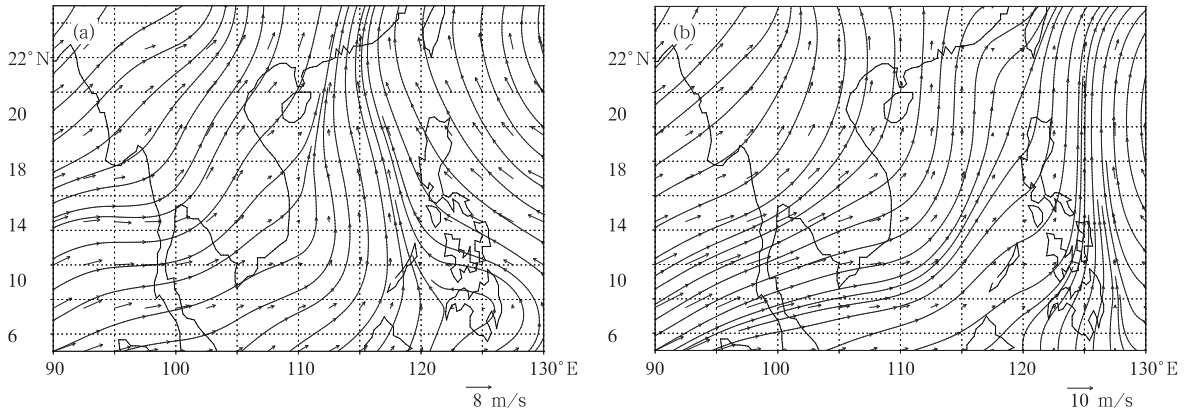

图 7 第 28 候 850 hPa 流场合成图

（a. 温度梯度逆转偏晚年，b. 温度梯度逆转偏早年）

Fig. 7 Composite 850 hPa airflow fields at the 28th pentad for late surface temperature reversion years (a) and early reversion years (b)

6 结论与讨论

本文分析了中南半岛与南海热力差异的季节和年际变化特征,讨论了这种局地纬向海陆热力差异对南海季风爆发的影响。得到以下结论:

(1) 中南半岛与南海热力差异存在明显的季节变化。平均而言,这种热力差异一年中出现两次符号转变现象,第 3 候由负转正,第 25 候由正转负。其中由正转负的转号是由于第 22—23 候首先出现在中南半岛的对流及其降水降低了中南半岛地表温度所致。

(2) 中南半岛与南海热力差异对南海季风的爆发有重要影响。热力差异由正转负是南海季风爆发的一个必要条件,1958—1998 年,热力差异的转号时间均早于(或等于)南海季风的爆发日期。中南半岛地表温度高于南海的持续时间与南海季风爆发日期之间呈显著正相关,即中南半岛地表温度高于南海的时间越早、转为低于南海的时间越迟,则南海季风爆发越迟。

本文虽然强调了中南半岛与南海纬向热力差异对南海季风爆发的影响,但并不排斥其他因子(如:经向海陆热力差异、高原、海温、中纬度天气系统、低频变化等)的重要影响。图 2a 既反映了中南半岛与南海局地纬向热力差异,但也清楚地表明了欧亚大陆与其南侧海洋的大尺度经向海陆热力差异这一背景的存在,对于南海季风这样一个大尺度的天气气候系统,其爆发应该是在大尺度经向海陆热力差异的背景下产生的,至于中南半岛与南海局地纬向热力差异的"修正"作用到底有多大,仍值得通过数值模式等手段进行深入研究。此外,本文指出中南半岛与南海热力差异由正转负是南海季风爆发的一个必要条件,但这并不是充分条件,即中南半岛与南海热力差异由正转负发生后,南海季风究竟何时爆发并不确定,它可能同时爆发(如:1966,1983,1996 年),也可能 8 候以后才爆发(如:1987,1991,1994 年),这可能与中纬度天气系统或低频振荡位相的配合情况有关,南海季风的爆发可能是上述多种影响因子综合作用的结果,这也有待于深入研究。

References

Chang C-P, Chen G T-J. 1995. Tropical circulation associated with southeast monsoon onset and westerly surge over the South China Sea. Mon Wea Rev, 123:3254-3267

Chen Jinghua, Chen Longxun. 1991. Land-sea distribution in southern Asia and its role in the formation of the Asian summer monsoon. Quart J Appli Meteor (in Chinese), 2(4):355-361

Chen L X, Wang Y H. 1998. Numerical experiment of impact of sea surface temperature in South China Sea and warm pool of west Pacific on east-Asian summer monsoon. Acta Meteor Sinica, 12(2):162-176

Chen Longxun, Zhu Qiangen, Luo Huibang, et al. 1991. The east-Asian monsoon(in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 25-26

Ding Yihui, Li Chongyin, He Jinhai, et al. 2004. South China Sea Monsoon Experiment(SCSMEX) and the east-Asian monsoon. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 62(5):561-586

Gao Hui, He Jinhai, Xu Haiming. 2001. Discussion on the onset date of South China Sea monsoon // South China Sea Monsoon Onset Date and Monsoon Index (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1-41

He Hai-yan, McGinnis J W, Song Zheng-shan, et al. 1987. Onset of the Asian summer monsoon in 1979 and the effect of the Tibetan Plateau. Mon Wea Rev, 115:1966-1995

He Jinhai, Xu Haiming, Zhou Bing, et al. 2000. Large scale features of SCS summer monsoon onset and its possible mechanism. Clim Environ Res(in Chinese), 5(4):333-344

Jian Maoqiu, He Haiyan. 2000. The evolutional feature of temperature field in troposphere before/after the establishment of Asian summer monsoon and its thermal cause. J Tropical Meteor(in Chinese), 16(2):97-105

Li C, Yanai. 1994. The onset and interannual variability of the Asian summer monsoon in relation to land-sea thermal contrast. J Climate, 9:358-375

Liang Xiaoyun, Liu Yimin, Wu Guoxiong. 2005. Effect of Tibetan Plateau on the site of onset and intensity of the Asian summer monsoon. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 63(5):799-805

Liang Xiaoyun, Liu Yimin, Wu Guoxiong. 2006. Role of tropical and subtropical land-sea distribution and the Qinghai-Xizang Plateau in the formation of the Asian summer monsoon. Chinese J Geophys(in Chinese), 49(4):983-992

Liu Hongqing, Chen Longxun. 1999. Numerical experiment of the effect of SSTA on SCS summer monsoon onset // Recent Advances in the Research of Asian Monsoon Mechanism(in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 268-280

Liu Yimin, Johnny C L Chan, Mao Jiangyu, et al. 2003. Impacts of the onset of the Bay of Bengal monsoon on the onset of the South China Sea monsoon. Part Ⅰ: A case study. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 61(1):1-9

Liu Yimin, Johnny C L Chan, Wu Guoxiong. 2003. Impacts of the onset of the Bay of Bengal monsoon on the onset of the South China Sea monsoon. Part Ⅱ: Numerical experiments. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 61(1):10-19

Mu Mingquan, Li Chongyin. 2000. On the outbreak of South China Sea summer monsoon in 1998 and activity of atmospheric intraseasonal oscillation. Clim Environ Res(in Chinese), 5(5): 375-386

Ren Xuejuan, Qian Yongfu. 2002. Numerical simulation experiments of the impacts of local sea-land thermodynamic contrasts on the SCS summer monsoon onset. J Tropical Meteor(in Chinese), 18(4): 327-334

Wang Shiyu, Qian Yongfu. 2001. Basic characteristic of surface heat field in 1998 and the possible connections with the SCS summer monsoon onset. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 59(1): 31-40

Wen Min, He Jinhai, Xiao Ziniu. 2004. Impact of the convection over the Indo-China Peninsula on the onset of SCS summer monsoon. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 28(6): 864-875

Wu Guoxiong, Zhang Yongsheng. 1998. The thermal and mechanical forcing of the Qinghai-Xizang Plateau and the Asian monsoon onset Ⅰ: Onset site. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 22(6): 825-838

Xie An, Liu Xia, Ye Qian, et al. 1996. Climatic features of SCS summer monsoon onset // Recent Advances in Asian Monsoon Research(in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 132-142

Xu Haiming, He Jinhai, Wen Min, et al. 2002. A numerical study of effects of the Indo-China Peninsula on the establishment and maintenance of the South China Sea summer monsoon. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 26(3): 330-342

Zhang Yaocun, Qian Yongfu. 2002. Mechanism of thermal features over the Indo-China Peninsula and possible effects on the onset of the South China Sea monsoon. Adv Atmos Sci, 19(5): 885-900

Zhang Yaocun, Zhou Tianjun. 2002. Diagnostic and numerical study of evolutions of regional circulation system associated with the South China Sea monsoon onset. J NanJing Univ(natural sciences)(in Chinese), 38(3): 331-340

Zheng Bin, Meng Weiguang. 2006. The features of South China Sea summer monsoon onset of 2004 and the possible effects of land-surface process in Indo-China Peninsula Ⅰ: Diagnostic study. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 64(1): 72-80

附中文参考文献

陈晶华,陈隆勋. 1991. 亚洲南部的海陆分布对亚洲夏季风形成的作用. 应用气象学报, 2(4): 355-361

陈隆勋,朱乾根,罗会邦等. 1991. 东亚季风. 北京:气象出版社, 25-26

丁一汇,李崇银,何金海等. 2004. 南海季风试验与东亚夏季风. 气象学报, 62(5): 561-586

高辉,何金海,徐海明. 2001. 关于确定南海夏季风建立日期的讨论 // 南海夏季风建立日期的确定与季风指数. 北京:气象出版社, 1-41

何金海,徐海明,周兵等. 2000. 关于南海夏季风建立的大尺度特征及其机制的讨论. 气候与环境研究, 5(4): 333-344

简茂球,贺海晏. 2000. 亚洲夏季风建立前后对流层温度场演变特征及其热力成因. 热带气象学报, 16(2): 97-105

梁潇云,刘屹岷,吴国雄. 2005. 青藏高原对亚洲夏季风爆发位置及强度的影响. 气象学报, 63(5): 799-805

梁潇云,刘屹岷,吴国雄. 2006. 热带、副热带海陆分布与青藏高原在亚洲夏季风形成中的作用. 地球物理学报, 49(4): 983-992

刘洪庆,陈隆勋. 1999. 海温异常对南海夏季风爆发影响的数值试验 // 亚洲季风机制研究新进展. 北京:气象出版社, 268-280

刘屹岷,陈仲良,毛江玉等. 2003. 孟加拉湾季风爆发对南海季风爆发的影响Ⅰ:个例分析. 气象学报, 61(1): 1-9

刘屹岷,陈仲良,吴国雄. 2003. 孟加拉湾季风爆发对南海季风爆发的影响Ⅱ:数值试验. 气象学报, 61(1): 10-19

穆明权,李崇银. 2000. 1998 年南海夏季风的爆发与大气季节内振荡的活动. 气候与环境研究, 5(5): 375-386

任雪娟,钱永甫. 2002. 局地海陆热力对比对南海夏季风爆发影响的数值试验. 热带气象学报, 18(4): 327-334

王世玉,钱永甫. 2001. 1998 年地面加热场的基本特征及其与南海夏季风爆发的可能联系. 气象学报, 59(1): 31-40

温敏,何金海,肖子牛. 2004. 中南半岛对流对南海夏季风建立过程的影响. 大气科学, 28(6): 864-875

吴国雄,张永生. 1998. 青藏高原的热力强迫和机械强迫作用以及亚洲季风的爆发Ⅰ:爆发地点. 大气科学, 22(6): 825-838

谢安,刘霞,叶谦等. 1996. 南海夏季风爆发的气候特征 // 亚洲季风研究的新进展. 北京:气象出版社, 132-142

徐海明,何金海,温敏等. 2002. 中南半岛影响南海夏季风建立和维持的数值研究. 大气科学, 26(3): 330-342

张耀存,周天军. 2002. 伴随南海季风爆发区域尺度环流演变机理的诊断分析和数值模拟. 南京大学学报(自然科学), 38(3): 331-340

郑彬,蒙伟光. 2006. 2004 年南海夏季风的爆发及中南半岛陆面过程的可能影响Ⅰ:诊断分析. 气象学报, 64(1): 72-80