

南海夏季风建立日期的预报研究*

周浩^{1,2}, 蓝光东², 温之平², 程炳岩¹, 李永华¹

(1. 重庆市气候中心, 重庆 401147;

2. 中山大学季风与环境研究中心//大气科学系, 广东 广州 510275)

摘要: 利用1958-2001年ECMWF和1948-2006年NCEP的全球再分析气象资料, 研究南海夏季风爆发迟早与前期气象要素场之间的关系。结果表明, 南海夏季风建立日期与当年2月份全球风场(u 、 v 、 ω 分量)、位势高度场、气温场等气象要素场之间都存在显著相关区。把各要素场中的显著高相关区视为影响季风建立日期的关键区, 并定义关键区内的要素平均值为建立日期的预报因子, 从中选取10个与建立日期关系最为紧密的预报因子建立预报方程, 对季风建立日期进行预测。分析发现, 有10个预报因子与季风建立日期有密切联系, 对季风爆发迟早有一定的指示能力和预测作用。最后, 经过SAS系统的分析和试验选择最好的回归预测方案, 利用10个预测因子建立南海夏季风建立日期回归预报方程(简称回归预报方程)。对回归预测方程进行回报实验发现, 拟合得到的南海夏季风建立日期与许多学者确定的建立日期之间的相关系数都达到95%以上的置信度, 拟合误差基本控制在2候以内, 有一定的预报能力。可以说, 该方法是作为预报南海夏季风爆发迟早的一种新的尝试。

关键词: 南海夏季风建立日期; SAS统计分析系统; 回归预报方程

中图分类号: P462.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2010)05-0134-07

Forecast of the Onset Date of the South China Sea Summer Monsoon

ZHOU Hao^{1,2}, LAN Guangdong², WEN Zhiping², CHENG Bingyan¹, LI Yonghua¹

(1. Chongqing Climate Center, Chongqing 401147, China;

2. Department of the Atmospheric Science//Center for Monsoon and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Using two kinds of the monthly mean reanalyzed data of the ECMWF (1958-2001) and NCEP/NCAR, the relationship between onset dates of the South China Sea (SCS) summer monsoon and the preceding meteorological fields is analyzed. It is found that there is a marked correlation between the onset dates and the wind fields (u , v , ω), geopotential height fields, air temperature fields in February. The forecast zones are defined as high correlation coefficient zones. Ten forecast factors are selected from the forecast zones. The results indicate that the onset dates are closely related to the factors that can forecast and diagnose SCS summer monsoon onset. Using these forecast factors and SAS statistic analysis system, the regression-forecast equation is established to forecast the monsoon onset date. The correlation coefficients between the fitting onset dates of SCS summer monsoon based on regression-forecast equation and onset dates from different references are over the 95% significance level. The regression-forecast equation can forecast monsoon onset dates with low error. This method is a new way to forecast SCS summer monsoon onset dates.

Key words: South China Sea summer monsoon onset date, SAS statistic analysis system, regression-forecast equation

* 收稿日期: 2009-09-15

基金项目: 中国气象局广州海洋气象研究所开放基金资助项目; 国家自然科学基金资助项目(40975058)

作者简介: 周浩(1981年生), 男, 工程师; E-mail: zhouhao-cq@hotmail.com

对东亚季风系统的研究^[1]表明,南海夏季风是亚洲季风中爆发最早的一支季风。南海夏季风的爆发往往征兆亚洲季风区大气环流由冬季形势向夏季形势的转变,东亚夏季风的来临和中国东部雨季的开始。南海夏季风爆发的早晚及其强弱联系着大气环流的异常并关系到中国东部地区的天气气候变化。因此,关于南海夏季风爆发的研究得到广大专家学者的高度重视。许多工作从动力学和热力学出发研究南海夏季风爆发的物理机理,取得了很重要的成果,但针对季风建立日期的预报研究则偏少。孙淑清等^[2]分析发现冬季风异常与南海夏季风存在很好的相关性,但没有指出预报季风爆发的具体方法。蓝关东等^[3]虽提出了有预报作用的前期因子,却存在所用资料时间序列较短的问题。周文等^[4]建立了预报季风爆发的统计方法,并选取1968-1998年的资料对该方法进行了验证,但其预报因子缺乏明确的物理含义,研究所用资料也较短。因此,本文利用ECMWF和NCEP两套42 a长时间序列资料,试图找出与南海夏季风爆发迟早具有较好关系的预报因子,通过使用SAS统计分析系统建立南海夏季风建立日期预报方程,从而为准确的掌握南海夏季风建立日期提供科学的方法。

1 资料和方法

1.1 资料

1) 欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的全球格点再分析资料,以下简称ERA资料。ERA资料分为18层(分别为1 000, 925, 850, 775, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20和10 hPa)、水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度,资料总长度为528个月(1958年1月-2001年12月)的全球格点再分析资料。ERA分析系统采用ECMWF业务资料同化系统的特别版,它包括一个T106谱预报模式,垂直为31层,采用三维半拉格朗日平流格式^[5]。

2) 美国环境预报中心(NCEP)/美国国家大气研究中心(NCAR)第1版全球格点再分析资料(以下简称NCEP资料)。NCEP资料垂直方向分为17层(分别为1 000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20和10 hPa),水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度,总长度为698个月(1948年1月-2006年2月)的全球格点再分析资料。

3) 美国航天航空局(NOAA)极轨气象卫星观测的全球月平均向外长波辐射(OLR)资料。

资料长度为252个月(1978年1月-1999年12月),水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度。

4) 南海夏季风建立日期选用文献[6-13]等确定的日期。

1.2 方法

本文除采用常规气象统计分析方法外,主要采用SAS统计分析系统建立南海夏季风建立日期预报方程。SAS作为全球使用最为广泛的三大著名统计分析软件(SAS, SPSS和SYSTAT)之一,是目前国际上主流的一种大型统计分析系统,被誉为统计分析的标准软件。SAS提供了多种先进的回归分析方案,结合本文实际情况采用了SAS提供的线性回归全模型(Linear Regression-Full mode)建立南海夏季风建立日期回归预报方程。该方法能最大程度的运用到预报因子的有效信息,使回归预报方程能更加准确的反映出南海夏季风建立日期的变化特征,为预报奠定良好的基础。

2 南海夏季风预报因子的建立

利用ERA和NCEP两套资料分析南海夏季风建立日期(选用文献[13]确定的建立日期)与前期各气象要素场(u 、 v 、 ω 风场、高度场、气温场)之间的相关性。结果发现,前期2月份各要素场和后期季风的建立日期都有显著相关区域存在。各气象要素场和建立日期之间存在密切的联系,反映出要素场的前期变化对后期季风爆发有一定的指示能力和预报作用。因此,定义相关系数超过0.3($r > r_\alpha = 0.3044$, $\alpha = 0.05$)的区域为预报关键区,并把关键区内气象要素的平均值做为预报因子,即预报因子必须是预报关键区内气象要素的平均值。如果存在多个预报关键区,则采用线性组合方式将各个关键区内要素平均值组合成一个预报因子。预报关键区在水平方向和垂直方向都必须足够广阔和深厚,具体定义原则如下:①预报关键区是相关系数全部超过0.3($r > r_\alpha = 0.3044$, $\alpha = 0.05$)的区域;②同一个预报关键区要同时出现在两个以上的气压层上;③同一个预报关键区的经度和纬度跨度都必须大于 10° ;④同一个预报关键区最好具有在时间尺度上的延续性,即在连续几个月中都有出现。

根据上述方式选出10个预报因子,具体定义方法如下:

1) 印度洋地区($50^\circ - 90^\circ E$, $10^\circ S - 10^\circ N$)和太平洋地区($160^\circ E - 160^\circ W$, $10^\circ S - 10^\circ N$)的显著相关区域内的低层(1 000~700 hPa)和高层

(200 ~ 100 hPa) 平均纬向风速的差值定义为预报因子 F_1 :

$$F_1 = u_1 - u_2$$

其中, u_{a1} 为 2 月份 50° - 90°E, 10°S - 10°N 区域内 1000 ~ 700 hPa 平均的纬向风速, u_{a2} 为 2 月份 160°E - 160°W, 10°S - 10°N 区域内 1000 ~ 700 hPa 平均的纬向风速, u_{b1} 为 2 月份 50°E - 90°E, 10°S - 10°N 区域内 200 ~ 100 hPa 平均的纬向风速, u_{b2} 为 2 月份 160°E - 160°W, 10°S - 10°N 区域内 200 ~ 100 hPa 平均的纬向风速。 u_1 为 u_{a1} 与 u_{a2} 之差, u_2 为 u_{b1} 与 u_{b2} 之差。

2) 南太平洋地区的显著关键 1 区 (140° - 170°E, 50° - 35°S) 和 2 区 (145° - 165°E, 27.5° - 20°S) 的整个对流层 (1 000 ~ 100 hPa) 平均纬向风之差定义为预报因子 F_2 :

$$F_2 = u_1 - u_2$$

其中, u_1 为 2 月份 140° - 170°E, 50° - 35°S 区域内 1 000 ~ 100 hPa 平均的纬向风速, u_2 为 2 月份 145° - 165°E, 27.5° - 20°S 区域内 1 000 ~ 100 hPa 平均的纬向风速。

3) 130° - 145°E, 40° - 20°S 区域和 155° - 175°E, 40° - 20°S 区域对流层 (1 000 ~ 100 hPa) 的平均经向风速之差定义为预报因子 F_3 :

$$F_3 = v_1 - v_2$$

其中, v_1 为 2 月份 130° - 145°E, 40° - 20°S 区域 1 000 ~ 100 hPa 平均的经向风速, v_2 为 2 月份 155° - 180°E, 40° - 20°S 区域 1 000 ~ 100 hPa 平均的经向风速。

4) 40° - 60°E, 5° - 20°N, 1 000 ~ 700 hPa 区域的平均经向风速定义为预报因子 F_4 :

$$F_4 = v_{ave}$$

5) 140°E - 170°W, 5° - 25°N, 250 ~ 100 hPa 区域的平均经向风速定义为预报因子 F_5 :

$$F_5 = v_{ave}$$

6) 印度洋区域 (50° - 100°E, 5°S - 25°N) 和太平洋区域 (180° - 80°W, 15°S - 10°N) 整个对流层 (1 000 ~ 100 hPa) 的平均垂直风速 ω 之差定义为预报因子 F_6 :

$$F_6 = \omega_1 - \omega_2$$

其中, ω_1 为 2 月份 50° - 100°E, 5° - 25°S 区域 1 000 ~ 100 hPa 平均的垂直风速, ω_2 为 2 月份 180° - 80°W, 15°S - 10°N 区域 1 000 ~ 100 hPa 平均的垂直风速。

7) 50° - 120°E, 15°S - 25°N 区域的对流层低

层 (1 000 ~ 700 hPa) 的平均位势高度定义为预报因子 F_7 :

$$F_7 = z_{ave}$$

8) 南半球区域 1 (145° - 165°E, 35° - 25°S) 和区域 2 (155° - 180°E, 60° - 50°S) 对流层的平均高度之差定义为预报因子 F_8 :

$$F_8 = z_1 - z_2$$

其中, z_1 为 2 月份 145° - 165°E, 35° - 25°S 区域 1 000 ~ 200 hPa 平均的位势高度值, z_2 为 2 月份 155° - 180°E, 60° - 50°S 区域 1 000 ~ 200 hPa 平均的位势高度值。

9) 120° - 150°E, 2.5° - 15°N 区域的平均气温定义为预报因子 F_9 :

$$F_9 = T_{ave}$$

其中, T_{ave} 是 120° - 150°E, 2.5° - 15°N 区域 1 000 ~ 850 hPa 的平均气温。

10) 亚欧大陆地区 (25° - 120°E, 10° - 45°N) 和太平洋地区 (180° - 40°W, 30°S - 40°N) 对流层中上层 (500 ~ 200 hPa) 的平均气温之差定义为预报因子 F_{10} :

$$F_{10} = T_1 - T_2$$

其中, T_1 为 2 月份 25° - 120°E, 10° - 45°N 区域 500 ~ 200 hPa 多层平均的气温, T_2 为 2 月份 180° - 40°W, 30°S - 40°N 区域 500 ~ 200 hPa 多层平均的气温。

根据以上方法定义的 10 个预报因子主要来自于 5 个气象要素场, 即 u 风场 (F_1 、 F_2)、 v 风场 (F_3 、 F_4 、 F_5)、 ω 风场 (F_6)、位势高度场 (F_7 、 F_8)、气温场 (F_9 、 F_{10})。10 个预报因子能较全面的反映出对南海夏季风建立日期有预报作用的关键区, 能较好的代表与南海夏季风建立日期有密切关系的 2 月份各要素场的异常变化, 为研究前期气象要素场的异常对南海夏季风建立日期的影响作用提供定量分析的途径。分析预报因子与南海夏季风爆发迟早的相关性, 结果如表 1, 可见用 ERA 资料计算的 10 个预报因子与不同学者定义的南海夏季风建立日期之间的相关系数几乎都超过 0.3 ($r > r_{\alpha} = 0.3044$, $\alpha = 0.05$), 达到 95% 的置信度, 表明这 10 个预报因子不仅与文献[13]定义的建立日期存在显著相关关系, 而且与其他学者的建立日期也存在较好的相关性, 说明这 10 个预报因子对南海夏季风建立日期有较好的指示作用, 且具有作为预报因子的可能。

表1 10个预报因子分别与各学者确定的南海夏季风建立日期之间的相关系数(1958-1998年)

Table 1 Correlation coefficients between the forecast factors and SCS monsoon onset dates (1958-1998)

项目	相关系数							
	戴念军 ^[6]	贺海晏 ^[7]	冯瑞权 ^[8]	李崇银 ^[9]	姚永红 ^[10]	高辉 ^[11]	张秀芝 ^[12]	梁建茵 ^[13]
F_1	-0.64	-0.39	-0.47	-0.38	-0.55	-0.15*	-0.44	-0.52
F_2	0.32	0.51	0.36	0.08*	0.35	0.35	0.56	0.55
F_3	-0.32	-0.41	-0.40	-0.26*	-0.40	-0.32	-0.41	-0.57
F_4	0.48	0.28	0.47	0.30	0.36	0.11*	0.37	0.52
F_5	0.60	0.39	0.35	0.27*	0.52	0.12*	0.39	0.44
F_6	0.56	0.54	0.64	0.37	0.39	0.30	0.52	0.61
F_7	0.67	0.41	0.49	0.27*	0.58	0.13*	0.42	0.57
F_8	-0.40	-0.48	-0.27*	-0.10*	-0.37	-0.27*	-0.49	-0.48
F_9	-0.41	-0.27*	-0.38	-0.25*	-0.32	-0.42	-0.33	-0.51
F_{10}	-0.61	-0.42	-0.38	-0.37	-0.51	-0.71	-0.41	-0.56

*表示相关系数未达到95%的置信度

3 南海夏季风建立日期的预报

3.1 预报方程的建立

上述分析所用的 ERA 资料时间长度只到 2001 年 12 月,无法计算 2001 年以后的预报因子,所以下面将用 NCEP 资料(1948 年 1 月-2006 年 2 月)按照前面的方法计算 10 个预报因子,得到的预报因子时间序列为 1948-2006 年,样本数为 59 个。使用相关分析对两套再分析资料计算得到的预报因子进行对比分析,发现 2 套预报因子之间的相关系数超过 99% 的置信度,2 套预报因子的变化特征基本相同,演变趋势相一致。

用 10 个预报因子作为回归因子,采用 SAS 提供的线性回归全模型建立南海夏季风建立日期回归预报方程。经过计算得出结果,具体分析如下:

1) 方差分析:回归平方和 = 3 389.265 50,误差平方和 = 1 396.344 25,总平方和 = 4 785.609 76;三者的自由度分别为 10、30、40。回归平方和的均值 = 338.626 55,误差平方和的均值 = 46.544 81。实际的 F 值就 = 7.28,大于 $F_{\alpha}(0.05, 10, 30) = 2.16$,回归方程显著。

2) 模型检验 P 值 = 0.000 1,小于显著水平 $\alpha = 0.05$,说明模型拟合合理,不必修改回归模型。

3) 判定系数 $R^2 = 0.708 2$ 。说明建立日期的变化有 71% 是来自前期因子的变化。因此,用这 10 个因子能很好的反映南海夏季风建立日期。

4) 回归方程:

$$Y = 203.642 84 - 0.302 01X_1 - 0.547 38X_2 -$$

$$1.514 77X_3 + 2.462 09X_4 - 0.312 57X_5 + 528.119 86X_6 - 0.172 86X_7 - 0.093 54X_8 - 0.410 77X_9 - 1.828 95X_{10}$$

3.2 南海夏季风建立日期的拟合预报

用前述的回归预报方程回报 1948-2006 年南海夏季风建立日期(见表 2)。拟合的季风建立日期平均值为 5 月第 4 候,其中最早为 4 月第 5 候(1985 年),最晚为 6 月第 1 候(1968 年)。若定义早于 5 月第 2 候为季风建立早年,共有 8 年为早年,分别是:1964、1966、1984、1985、1986、1994、1996、1999;晚于 5 月 6 候为季风建立晚年,共有 10 年,分别是:1953、1959、1968、1973、1982、1983、1987、1991、1992、1993(有下划线的年份为公认的季风爆发异常年)。分析发现,原始建立日期和拟合建立日期之间关于季风爆发异常年的确定存在一定的差异,如 1964 年在拟合日期中为偏早年,而在原始建立日期中则为正常年份。这种差异可能与两序列对异常的定义标准不同有关系。原始建立日期以 5 月第 3 候和第 5 候为爆发早、晚年的阈值,而拟合日期则以 5 月第 2 候和第 6 候为分界线。图 1 为原始建立日期和拟合日期的年际变化曲线,两序列的相关系数高达 0.73,说明拟合日期可以较好的反映出南海夏季风建立的变化特征。图 2 是原始日期和拟合日期差值的绝对值的时间序列变化曲线。从图 2 可看,两日期之间最大相差 7 候,相差 0~1 候的情况占 64.9%,反映出拟合日期不仅能很好的刻画原始日期的变化规律,还能较好较准确的预报季风建立的具体日期,且精确到候。分析拟合日期与各种南海夏季风建立日期的相关性发现,所有的相关系数均超过 0.4,即达到 99% 的置信度,而且有 6/8 的相关系数达

到 0.6 以上, 说明回归预报方程能较好的拟合季风建立日期, 同时也具有较好的预测效果。

表 2 1948 - 2006 年南海夏季风建立日期¹⁾

Table 2 SCS monsoon onset dates in 1948 - 2006
(For example: 5.5 stand for 5 pentad of MAY)

年代	年份									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1940									5.6	5.4
1950	5.5	5.5	5.5	5.6	5.4	5.3	5.5	5.5	5.4	5.6
1960	5.6	5.4	5.5	5.6	5.3	5.5	5.1	5.5	6.1	5.6
1970	5.5	5.4	5.5	5.5	5.3	5.5	5.6	5.4	5.5	5.5
1980	5.6	5.5	5.6	5.6	4.6	4.6	5.3	5.6	5.4	5.3
1990	5.4	6.1	5.6	5.6	5.1	5.4	5.2	5.4	5.5	5.1
2000	5.4	5.6	5.4	5.6	5.5	5.4	5.4			

1) 5.5 表示 5 月第 5 候, 其他依此类推

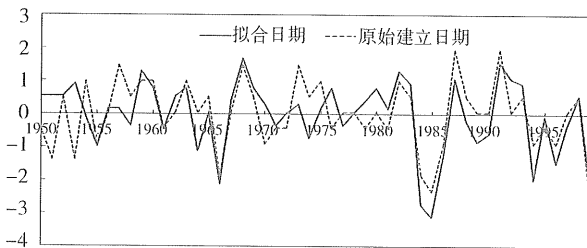


图 1 1950 - 1999 年标准化的南海夏季风建立日期和拟合日期

Fig. 1 Interannual variations of SCS summer monsoon onset dates and fitting dates from 1950 to 1999

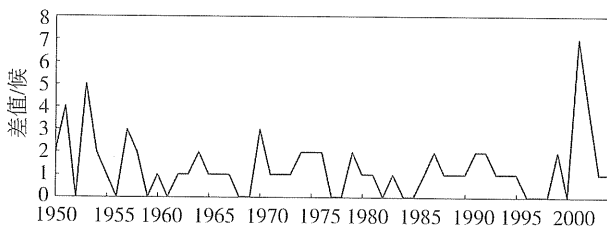


图 2 南海夏季风建立日期与拟合日期的差值时间序列 (绝对值)

Fig. 2 The series of difference between SCS summer monsoon onset dates and fitting dates from 1950 to 2004.

从图 2 可见, 原始日期和拟合日期之间相差 3 候以上的年份共有 6 a (1951、1953、1957、1970、2001、2002), 其中有 4 年 (1951、1953、1957、1970) 的建立日期本身存在较大的争议 (不同学者确定的建立日期存在较大差异)。以 1970 年为例, 文献 [6, 7, 9 - 11] 确定的南海夏季风建立日期为 5 月第 6 候以后, 均认为 1970 年是季风建

立晚年, 文献 [8, 12 - 13] 却认为 1970 年为季风建立早年, 说明各文献对 1970 年南海夏季风建立日期没有统一的定论且存在较大的争议, 根据何金海等^[14]的定义 1970 年季风建立日期不存在优势候。除此之外, 文献 [15 - 16] 认为 2002 年南海夏季风在 5 月 15 日爆发, 这一结果与梁建茵等^[13]的结果也存在较大的差异。如果以梁建茵等^[13]的建立日期作为南海夏季风建立日期的标准值, 前面建立的回归预报方程对有争议的季风建立年份的拟合效果则不理想, 这可能是有两方面的原因造成的。一方面, 回归方案本身不够完善, 存在系统性的误差; 另一方面, 现有的季风建立日期还不能完全反映南海夏季风的爆发早晚, 原始建立日期本身存在的不足直接造成拟合结果的不准确。

图 2 中反映出 2001 年原始建立日期和拟合日期相差 7 候, 为拟合效果最差年份。下面将具体分析 2001 年南海夏季风爆发的气候特征, 从而进一步订正季风建立的具体日期。

从 2001 年 5 月第 3 候 850 hPa 环流场图 (图 3a) 上见, 西太平洋副热带高压已经退出南海海域, 但该地区仍然由气旋性环流控制, 盛行东北风。但在 5 月第 4 候 (图 3b), 整个南海区域由西南风控制。西南气流主要来源于孟加拉湾南部的低纬热带地区, 西太平洋副热带高压脊此时已经退到菲律宾以东洋面, 索马里急流显著加强, 整个北印度洋为强西风带, 南海夏季风爆发形势已经存在。从 5 月第 6 候 (图 3c) 850hPa 流场图可见, 夏季风的环流形势在第 5 候的基础上更加明显。

分析 2001 年南海地区 (10° - 20°N, 110° - 120°E) 850 hPa 风场 u 、 v 分量以及 OLR 资料的候平均变化曲线 (图略) 可知, 南海地区第一次由偏东风转为偏西风的日期为 5 月第 1 候。虽然南海地区早在 4 月份就出现由偏北风转为偏南风的现象, 但一直到 5 月第 3 候偏南风才稳定的出现, 这时整个南海地区才以偏南风为主。南海地区的平均 OLR 值在 5 月第 4 候才超过 235 W/m², 5 月第 5 候后就一直稳定在高值区, 到 9 月份才开始下降。从以上 3 种描述南海季风建立的主要指标来看, 垂直对流指标 (OLR 小于 235 W/m²) 和动力指标 (u 、 v 值大于 0, 以偏南风 and 偏西风为主) 同时达到季风建立条件的日期是 5 月第 5 候, 说明 2001 年南海夏季风建立日期应该确定为 5 月第 5 候, 而拟合日期为 5 月第 6 候, 两者虽然相差 1 候, 但都指示出 2001 年南海夏季风建立日期偏晚, 属于偏晚年。

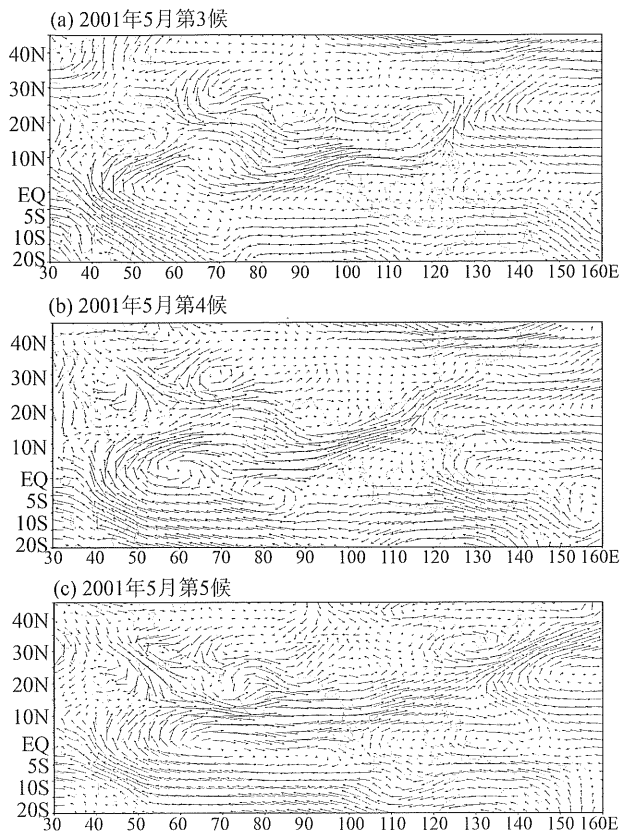


图3 2001年5月第3(a)、4(b)、5(c)候850 hPa风场

Fig. 3 The wind fields at 850 hPa on 3, 4, 5 pentad of May in 2001

综上所述,回归预报方程能准确预报出南海夏季风平均建立日期为5月第4候,这与现有大多数研究成果相吻合。除此之外,通过分析2001年季风爆发的特征可以知道,预报方程对季风爆发迟早存在争议的年份的预报也较好,南海夏季风建立日期回归预报方程对季风建立日期的拟合和预测较好,能刻画出建立日期的年际变化特征,也有较好的预测能力。根据NCEP资料,采用回归预报方程得到的2006年南海夏季风建立日期为5月第4候,这一结果与客观观测事实基本相符。

4 结论

1) 分析发现,前期2月份风场(u 、 v 、 ω 分量)、位势高度场、气温场等气象要素场与后期南海夏季风建立日期存在密切的联系。选取要素场与建立日期的典型显著相关区为建立日期预报关键区,定义关键区中的要素平均值为预报因子,并从中选取10个对季风建立日期指示能力和预测作用最好的预报因子建立预测方程。选出来的10个预报因子与大多数学者确定的季风建立日期都存在显

著相关关系。

2) 采用SAS统计分析系统分析和计算了10个预报因子和建立日期的统计关系,并在分析结果的基础上选取最好的回归拟合方案建立南海夏季风建立日期的回归预报方程。对预报方程进行回报检验发现,回归预报方程得到的拟合日期与各位学者确定的各种季风建立日期的相关系数都超过0.4,达到99%以上的置信度,其中大多数相关系数高达0.6,说明该回归预报方程能较好的刻画出季风建立日期的变化特征。预报方程得到的南海夏季风平均建立日期为5月第4候,这与现有大多研究工作的结果相同。对比分析拟合日期和原始季风建立日期发现,回归预报方程能较准确的预报出季风建立的具体日期,特别是对公认的南海夏季风爆发异常年份的预报十分准确,但对季风爆发迟早还存在较大争议的年份的预报效果较差。这可能是由于各学者对季风建立日期本身存在明显的争议而无法准确确定所造成。通过对建立日期存在争议的季风爆发年份的各种季风建立指标以及环流特征的分析,发现回归预报方程对这些年份的预报误差较小,如2001年季风建立日期为5月第5候,预报方程的预测结果为5月第6候,两者虽然相差1候,却都反映出当年南海夏季风爆发属于偏晚年。

回归预报方程作为南海夏季风建立日期预报方法的一种尝试,虽然能较好的预报出季风建立日期,但也存在一些问题。如无法清晰的描述出各个预报因子与季风爆发迟早的物理联系,这些都需要在日后的工作进一步研究分析。

参考文献:

- [1] 丁一汇,马鹤年. 东亚季风研究的现状[M]//何金海,丁一汇,陈隆勋. 亚洲季风研究的新进展. 北京:气象出版社,1996:1-14.
- [2] 孙淑清,陈隽. 异常东亚冬季风对夏季南海地区风场及热力场的影响[J]. 气候与环境研究,2000,5(4):400-416.
- [3] 蓝光东,温之平,贺海晏. 南海夏季风爆发的大气热源特征及其爆发迟早原因的探讨[J]. 热带气象学报,2004,20(3):271-280.
- [4] 周文,温之平,陈创买. 南海西南季风爆发的预测研究[J]. 中山大学学报(自然科学版),2002,41(3):95-98.
- [5] GIBSON J K, KALLBERG P, UPPALA S, et al. ECMWF Re-Analysis project report series 1[R]. ERA-15 description, version 2 R,1999:73.
- [6] 戴念军,谢安,张勇. 南海夏季风活动的年际和年代际

- 特征[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(4): 363-374.
- [7] 贺海晏, 温之平, 简茂球. 近50年南海热带季风建立迟早的气候特征[M]//何金海, 丁一汇, 高辉. 南海夏季季风建立日期的确定与季风指数. 北京: 气象出版社, 2001: 49-54.
- [8] 冯瑞权, 王安宇, 吴池胜. 南海夏季季风建立的气候特征 I. 40年平均[J]. 热带气象学报, 2001, 17(4): 345-354.
- [9] 李崇银, 张利平. 南海夏季季风特征及其指数[J]. 自然科学进展, 1999, 9(6): 536-541.
- [10] 姚永红, 钱永甫. 用湿位涡定义的南海西南季风指数及其与我国区域降水的关系研究[J]. 南京大学学报: 自然科学, 2001, 37(6): 781-788.
- [11] 高辉, 何金海, 谭言科, 等. 40a南海夏季季风建立日期的确定[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(3): 379-383.
- [12] 张秀芝, 李江龙, 闫俊岳, 等. 南海夏季风爆发的环流特征及指标研究[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(3): 321-331.
- [13] 梁建茵, 吴尚森. 南海西南季风爆发日期及其影响因素[J]. 大气科学, 2002, 26(6): 829-844.
- [14] 何金海, 丁一汇, 高辉, 等. 南海夏季季风建立日期的确定与季风指数[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 118-119.
- [15] 闫俊岳, 唐志毅, 姚华栋, 等. 2002年南海季风建立及其雨带变化的天气学研究[J]. 气象学报, 2003, 61(5): 569-579.
- [16] 闫俊岳, 唐志毅, 姚华栋, 等. 2002年南海季风爆发前后西沙海区海-气通量交换及其变化[J]. 地球物理学报, 2005, 48(5): 1000-1010.

(上接第126页)

- [2] 王兴中. 社会地理学社会-文化转型的内涵与研究前沿方法[J]. 人文地理, 2004, 19(1): 2-8.
- [3] 马润潮. 人文主义与后现代主义之兴起及西方新区域地理学之发展[J]. 地理学报, 1999, 54(4): 365-372.
- [4] 苗长虹. 变革中的西方经济地理学: 制度、文化、关系与尺度转向[J]. 人文地理, 2004, 19(4): 68-76.
- [5] 吕拉昌. “城市空间转向”与新城市地理研究[J]. 世界地理研究, 2008, 17(1): 32-38.
- [6] 潘泽泉. 空间化: 一种新的叙事和理论转向[J]. 国外社会科学, 2007(4): 42-47.
- [7] LEFEBVRE H. The Production of Spaces [M]. Oxford: Blackwell, 1991: 68-168.
- [8] 王伟强. 和谐城市的塑造—关于城市空间形态演变的政治经济学实证分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 5-32.
- [9] (美) 安东尼·奥罗姆, 陈向明. 城市的世界—对地点的比较分析和历史分析[M]. 上海: 上海人民出版社, 2005: 42-43.
- [10] GOTTDIENER M. The Social Production of Urban Space [M]. Texas: University of Texas Press, 1985: 1-50.
- [11] 马学广. 城市空间的社会生产与土地利用冲突研究—以广州市海珠区为例[D]. 中山大学, 2008: 6.
- [12] 张庭伟. 1990年代中国城市空间结构的变化及其动力机制[J]. 城市规划, 2001, 25(7): 7-14.
- [13] HARVEY D. The Urbanization of Capital [M]. Oxford: Basil Blackwell, 1985: 17-58.
- [14] 罗小龙, 沈建法. 中国城市化进程中的增长联盟和反增长联盟[J]. 城市规划, 2006, 30(3): 48-52.
- [15] 吴缚龙, 马润潮, 张京祥. 转型与重构—中国城市发展多维透视[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007: 39-65.