沙 漠 与 绿 洲 气 象
Desert and Oasis Meteorology
第10卷 第1期
2016年2月

马晓华,杨慧娟,胡启元,等.陕西省春季日最高气温延伸期预报因子初探[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(1):76-80.
doi:10.3969/j.issn.1002-0799.2016.01.011

陕西省春季日最高气温延伸期预报因子初探

马晓华[1],杨慧娟[2],胡启元[1],屈丽玮[1]
(1.陕西省气象台,陕西 西安 710014;2.中国民用航空西北地区空中交通管理局气象中心,陕西 西安 710082)

摘 要:利用2001—2010年陕西省89站日最高气温资料和NCEP/NCAR逐日850 hPa再分析温度、风场资料,通过统计分析发现陕西全省日最高温度变化具有很好的一致性,且在春季存在明显的6~28 d的波动。当6~28 d波动处于正位相时,850 hPa上陕西地区受偏南气流控制,且温度偏高,而波动处于负位相时,850 hPa上陕西地区为一高压反气旋控制,且温度明显降低。根据两者的对比,找到影响陕西地面日最高气温6~28 d变化的影响区。通过单点相关的方法,在6~28 d滤波的850 hPa温度场上找到与影响区温度超前15 d左右相关性好的关键区:65°~70°N,40°~45°E。进一步研究表明,6~28 d低频温度有明显的从关键区向影响区传播的趋势,并且与15 d后陕西地区日最高温度6~28 d变化相符合,对陕西地区春季未来15 d最高温度预报有一定的指示作用。

关键词:日最高温度;延伸期预报因子;低频振荡
中图分类号:P423.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-0799(2016)01-0076-05

随着数值预报的高速发展,未来10 d的天气,预报员都能较为准确地给出预测。温度预报作为其中一部分,很多学者也做了一定的研究[1-2],但近年来,公众对天气预报需求及气象防灾减灾的呼声越来越高,开展延伸期(10~30 d)天气预报成为气象部门的业务重点。基于大气低频信号演变、大气动力模式及数理统计方法来开展延伸期预报已成为公认的基本方法[3-4]。目前我国开展的延伸期预报主要是建立在低频振荡的研究基础上。

陈官军等提出了基于大气低频信号及数值模式预报产品动力与统计相结合的预报方法,为江淮夏季延伸期持续降水预报给出了参考依据[5]。谌志刚对广东省未来10~30 d降水延伸期预报做了研究,结果表明奇异谱分析方法与自回归模型对候平均降水有一定参考价值[6]。杨慧娟等对上海夏季降水进行了延伸期预报,发现研究关键区低频纬向风的传播趋势对夏季上海未来15 d降水有较好指示意义[7]。孙国武等[8-9]提出了低频天气图预报方法,分析关键地区低频天气系统(低频气旋和低频反气旋)的活动特征,他认为低频天气图的天气学意义就在于能反应造成天气系统的生命史及大气环流的演变过程,并根据这些低频天气系统的活动特征预报降水过程,该方法取得了较好的预报效果。蒋薇认为在江苏省汛期降水中低频天气图方法能提供背景依据[10]。信飞等[11]利用自然正交分解并结合回归统计方法,建立了长江中下游未来3~5候的低频风场预报。纪忠萍等利用典型个例合成分析,建立了低温阴雨30~64 d季节内振荡的天气概念模型[12]。

对于延伸期气象学者们已经做了大量的研究[13-14],但目前延伸期预报离业务化预报仍有一段距离,对于具体天气要素,如降水、温度等的预报研究仍较少,特别是对温度的预报。本文主要是找寻影响春季日最高气温未来15 d左右的低频变化部分的预报因子,尝试为陕西春季日最高温度延伸期预报因子的寻找提供一种方法。

1 资料与方法

使用2001—2010年的陕西省89站日最高气温

收稿日期:2014-07-21
基金项目:陕西省气温延伸期预报指标站的选取及应用(ZI1202);陕西省气象局预报专项;基于集成预报技术的温度客观预报产品(2014Y-21)共同资助。
作者简介:马晓华(1986-),女,工程师,主要从事天气预报理论及方法研究。。E-mall:maxiaohua315@163.com

资料和 NCEP/NCAR 2.5°×2.5°逐日 850 hPa 再分析温度、风场格点资料,采取 EOF 分析、小波分析、基于一级 Butterworth 函数的带通滤波器滤波[15]、一点相关分析，首先对 2001—2010 年陕西省 89 站日最高温度进行了 EOF 分析,发现陕西省大部日最高温度的变化有较好的一致性，可以用其对应的时间系数变化来表示日最高温度的变化情况。同时对这 10 a 的时间系数进行小波分析,发现在春季 2—6 月存在明显的 6~28 d 的波动,且方差贡献可达 50%。

2 陕西省日最高气温的低频特征

由于陕西省面积广阔,南北跨度大,地形复杂,气温的变化趋势存在不一致的可能性，故首先对 2001—2010 年陕西省 89 站日最高温度进行 EOF 分析,发现第一模态所占比例可达 98.73%,通过显著性检验。由第一模态(图 1)可看出,陕西省大部均为正值,除了陕北西南部小于 1 外,其余地区都大于 1，这表明全省日最高温度的变化有较好的一致性,只有陕北西南部日最高气温的变化幅度小于其他地区,关中中东部、陕南东部数值明显大于其他地区,说明其日最高气温的变化幅度大于其他地区。第一模态的时间系数变化可以用来表示全省日最高温度的变化情况。

对 10 a 的时间系数进行小波分析（图 2 为 2006 年的情况），发现在春季 2—6 月存在明显的 6~28 d 的波动,且方差贡献可达 50%,其中 8~15 d 的波动尤为明显。这为后面用低频振荡的思路来寻找日最高气温的预报因子提供了很好的前提条件。

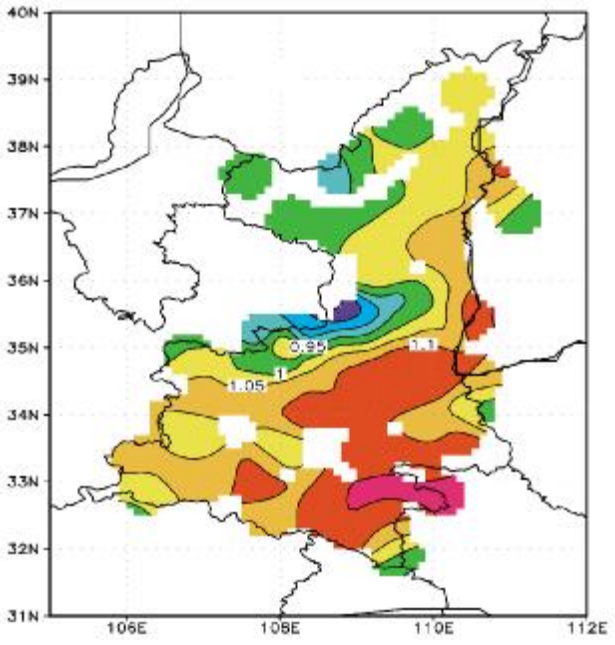


图 1 2001—2010 年陕西省日最高气温 EOF 分析第一模态

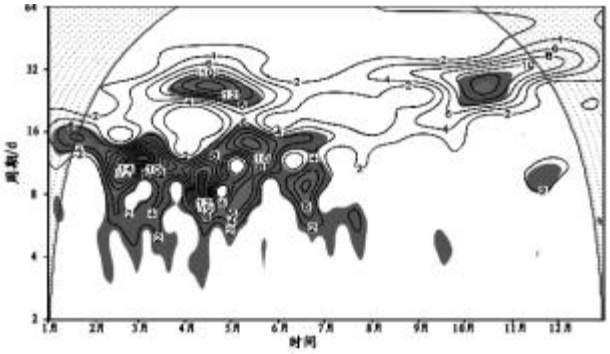


图 2 2006 年陕西省日最高气温第一模态对应时间系数小波分析

局地温度的变化受热源、温度平流、气团的绝热垂直运动等因素的影响。在非绝热作用很小的情况下，大尺度系统的局地温度变化主要是温度平流所引起的[16]。受太阳高度角变化的影响,春季陕西省日最高气温呈逐渐上升的趋势，但在考虑上升趋势中仍存在的低频波动时，可以忽略非绝热作用的影响,主要考虑温度平流的变化。鉴于此因,下面将从 850 hPa 温度、经向风的变化入手,对陕西省春季日最高气温变化有影响的形势进行分析。

3 环流特征分析

3.1 春季日最高气温正、负位相对应的环流形势

对第一模态对应的时间系数进行 6~28 d 的滤波,在 2—6 月,当波动处于正位相、负位相时,即温度处于高值期、低值期时,分别对 850 hPa 的风场、温度场进行合成分析(图 3)。正、负位相时所对应的合成风场、温度场在陕西地区有明显的差异,已通过显著性检验。当波动处于正位相时,陕西大部受偏南气流控制,温度在 284~288 K 之间;而当波动处于负位相时,陕西地区为一反气旋环流控制,南部为偏东气流控制、北部受偏西气流控制,温度在 280~284 K 之间。将春季陕西省 850 hPa 温度、经向风做 6~28 d 的带通滤波后,与陕西省日最高气温的 EOF 分析的第一模态时间系数 6~28 d 滤波进行比较分析(图 4 为 2006 年的情况),发现三者变化规律在 2 月下旬—6 月上旬有很好的对应关系，其中经向风与时间系数相关系数为 0.31，温度与时间系数相关系数高达 0.76，通过显著性检验。故选取 30°~40°N,105°~110°E 为陕西省春季日最高气温变化的影响区域,将 850 hPa 温度、经向风作为影响因子。

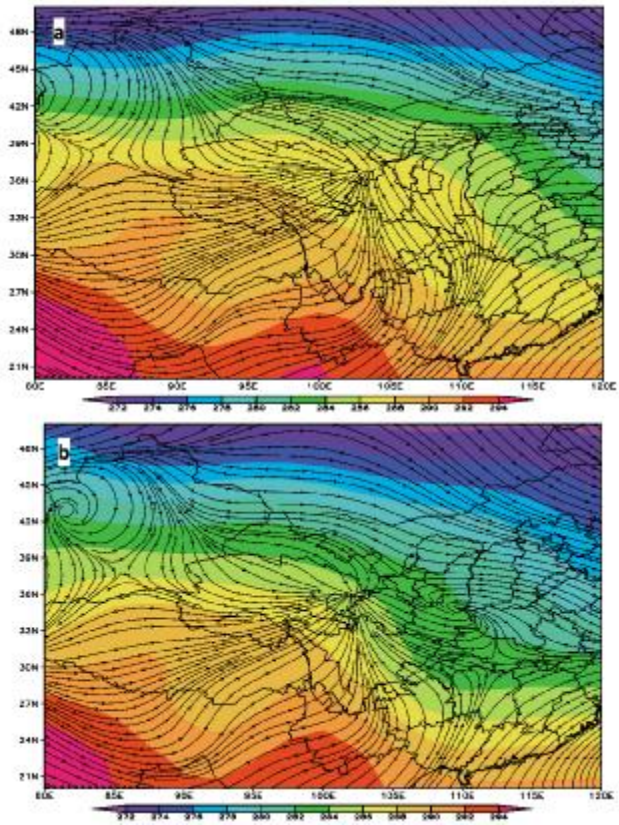


图 3 时间系数 6~28 d 滤波后，正位相(a)、负位相(b)时 850 hPa 温度场、流场合成图

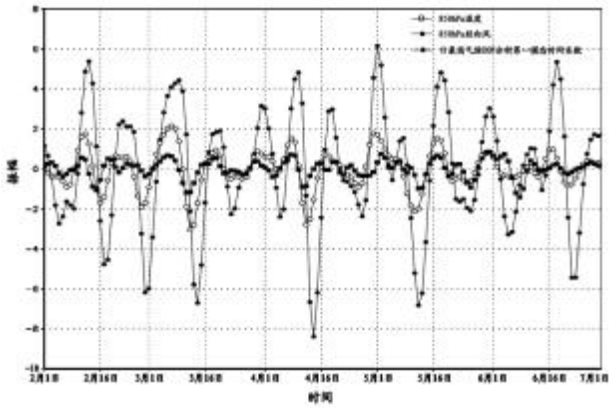


图 4 2006 年陕西省日最高气温 EOF 分析第一模态时间系数 6~28 d 波动(红线)、850 hPa 温度 6~28 d 波动(绿线)、850 hPa 经向风(蓝线)6~28 d 波动对比序列

3.2 影响陕西省春季日最高气温的 6~28 d 低频振荡

大气中充满了各种尺度的波动，各种天气、气候变化也是由这些波动传播引起的。下面来分析影响陕西地区的 850 hPa 上 6~28 d 温度、经向风低频振荡的传播特征。将陕西地区 850 hPa 温度、经向风 6~28 d 波动区域平均分别与东半球的 850hPa 温度、经向风 6~28 d 波动做单点超前、同期相关分析。分析发现，超前 15 d 的时候 850 hPa 温度 6~28 d 波动在 65°~70°N，40°~45°E 的地区有很高的正相关，超前 10 d 时，正相关东移到俄罗斯北部地区，超前 5 d 时，正相关向南移到新疆北部至蒙古西部地区，同期时移到我国北方地区(图 5 为 2006 年的情况)。由此看出，850 hPa 温度 6~28 d 波动在 65°~70°N，40°~45°E 的区域开始有一波列向东北方向传播，影响我国北方地区。而 850 hPa 经向风的情况跟温度有很大不同，经向风没有明显的传播趋势(图 6 为 2006 年情况)，所以舍弃经向风作为影响因子的可能性。沿着 850 hPa 温度 6~28 d 波动传播的路径做时间剖面能更加确定波动关键区向我国北部传播的事实(图 7 为 2006 年的情况)，经进一步分析可以

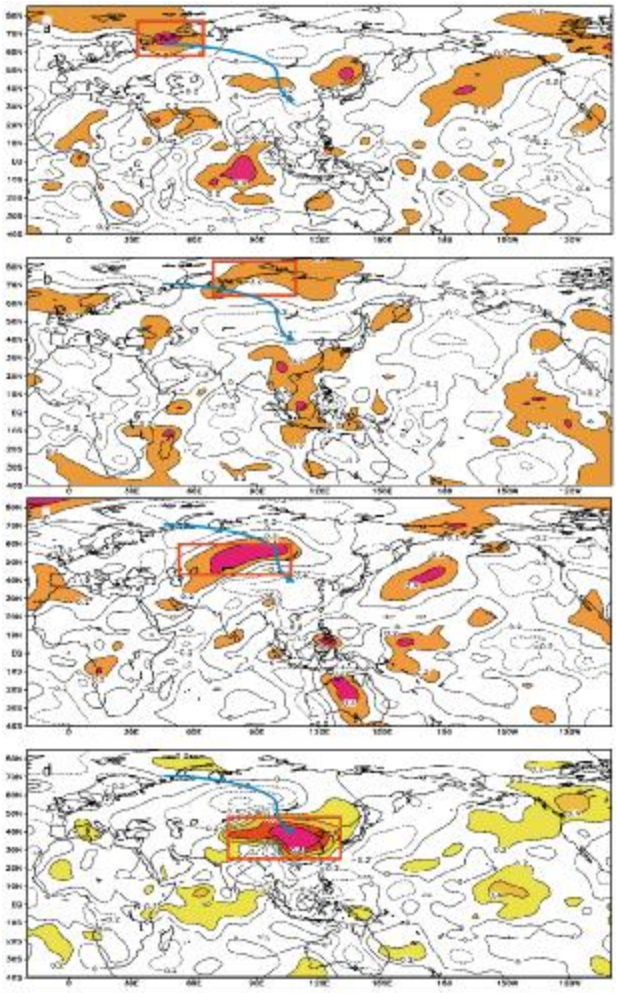


图 5 2006 年 2—6 月东半球 850 hPa 温度 6~28 d 波动与影响区 850 hPa 6~28 d 温度的超前和同期相关系数（阴影区通过了 0.05 的显著性水平检验，箭头方向为传播路径方向）

（a 为超前 15 d；b 为超前 10 d；c.为超前 5 d；d 为同期）

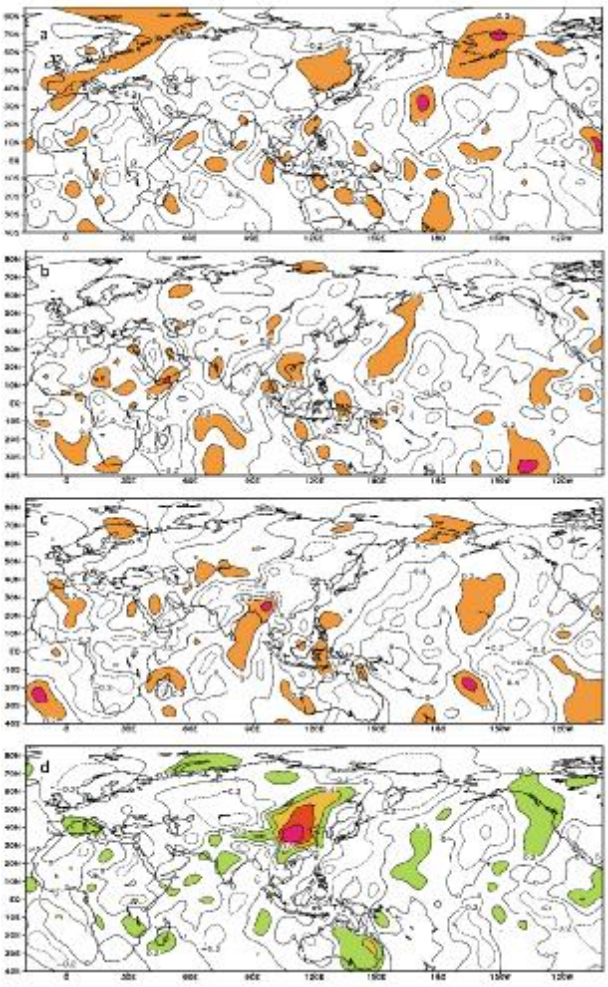


图 6　2006 年 2—6 月东半球 850 hPa 经向风 6~28 d 波动与影响区 850 hPa 6~28 d 经向风的超前和同期相关系数(阴影区通过了 0.05 的显著性水平检验)
(a 为超前 15 d;b 为超前 10 d;c 为超前 5 d;d 为 同期)

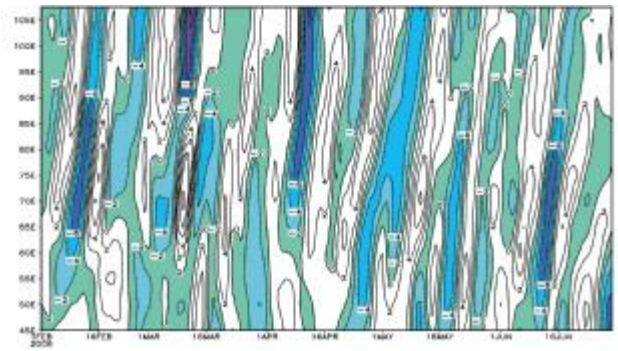


图 7　2006 年沿 850 hPa 温度 6~28 d 波动传播方向的时间剖面图

看出,从关键区传播至我国北部地区大概需要 15 d 的时间。

为了进一步确认关键区 850 hPa 温度 6~28 d 波动对陕西省日最高气温的影响，将关键区 850 hPa 温度 6~28 d 波动区域平均与 15 d 后陕西省日最高气温 EOF 分析第一模态的时间系数 6~28 d 波动部分的区域平均进行比较,可以发现,在 3、4 月及 5 月上旬,两者变化趋势较为一致(图 8 为 2006 年的情况)。

由以上分析可以看出，春季关键区 65°~70°N，40°~45°E 的 850 hPa 温度 6~28 d 波动区域平均对 15 d 后陕西省日最高气温的 6~28 d 变化有较好的指示作用。

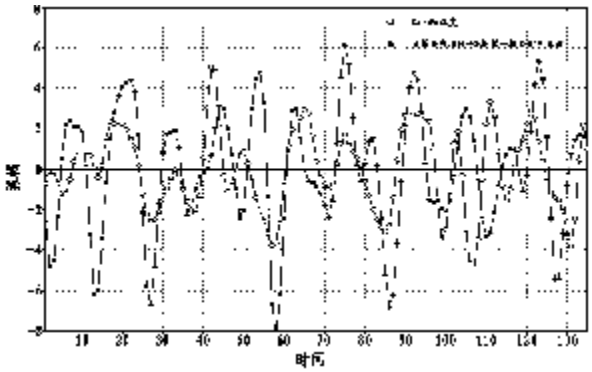


图 8　2006 年 2 月 15 日—6 月 15 日关键区 850 hPa 温度 6~28 d 波动的区域平均(空心圆线)与 15 d 后陕西省日最高气温 EOF 分析第一模态时间系数 6~28 d 波动区域平均序列对比(实心圆线)

4　结论

用简单的统计学方法为陕西春季日最高温度延伸期预报因子的寻找提供一个新的思路。经过上述分析,得到以下结论:

(1)通过 EOF 分析发现,陕西省日最高气温变化在空间上有很好的一致性。

(2)对 EOF 分析第一模态的时间系数进行小波分析，发现陕西省日最高气温的变化在春季存在明显的 6~28 d 波动。经方差分析后发现,6~28 d 低频部分方差贡献较大,可达 50%,并且能很好的体现较长时间尺度日最高温度的变化趋势。

(3) 当日最高气温的 6~28 d 波动处于正位相时，陕西省上空 850 hPa 的风场为偏南风，温度为 284~288 K 之间;而当日最高气温的 6~28 d 波动处于负位相时，陕西省上空 850 hPa 的风场为反气旋环流,温度为 280~284 K 之间。

(4)通过超前相关分析发现:850 hPa 温度存在 6~28 d 波动从 65°~70°N,40°~45°E 向陕西附近传播,影响陕西省日最高温度变化。该区域的 850 hPa 温度 6~28 d 波动对陕西省日最高气温有很好的超前 15 d 相关，对 15 d 后陕西省日最高气温的6~28

d 变化有较好的指示作用。

(5)虽然此次研究取得了些许成果,但仍存在局限性。研究预报因子较单一、预报因子与日最高温度间的具体定量关系以及预报因子影响日最高温度的物理机制等问题仍需进一步的研究。

参考文献:

[1] 赵云武,祁杰,杨福兴,等,MEOFIS 平台的苏州本地化释用和气温检验[J],气象科学,2011,31(增刊):139-144.
[2] 时兴合,秦宁生,赵冰燕,等,最优子集回归在青藏高原冬季降水、气温预报中的应用及改进 [J]. 气象科学,2001,21(2):222-228.
[3] 马浩,毛燕军,雷媛.10~30 d 延伸期天气预报研究进展综述[J].干旱气象,2012,30(4):514-524.
[4] 金荣花,马杰,毕宝贵.10~30 d 延伸期预报研究进展和业务现状[J].沙漠与绿洲气象,2010,4(2):1-5.
[5] 陈官军,魏凤英.基于低频振荡特征的夏季江淮持续性降水延伸期预报方法[J].大气科学,2012,36(3):633-644.
[6] 谌志刚,王婷,纪忠萍,等.广东降水延伸期预报的探索[J].气象科学,2013,33(3):296-301.
[7] 杨慧娟,郭品文.上海市夏季降水延伸期的预报方法[J].南京信息工程大学学报:自然科学版,2012,4(2):132-138.
[8] 孙国武,信飞,陈伯民,等.低频天气图预报方法[J].高原气象,2008,27(S1):64-68.
[9] 孙国武,李震坤,信飞,等.延伸期天气过程预报的一种新方法—低频天气图[J].大气科学,2013,37(4):945-954.
[10] 蒋薇,孙国武,陈伯民,等.江苏省汛期强降水过程的延伸期预报试验[J].气象科学,2011,31(增刊):24-31.
[11] 信飞,孙国武,陈伯民.自回归统计模型在延伸期预报中的应用[J].高原气象,2008,27(增刊 1):69-75.
[12] 纪忠萍,高晓容,谷德军,等.广东低温阴雨的低频振荡及环流特征[J].应用气象学报,2013,24(1):32-42.
[13] 马浩,毛燕军,雷媛,等.10~30 d 延伸期天气预报研究进展综述[J].干旱气象,2012,30(4):514-521.
[14] 李旭,王式功,尚可政,等.基于地面气象要素的延伸期相似预报方法初步研究[J].干旱气象,2015,33(2):324-331.
[15] 李崇银.大气低频振荡[M].北京:气象出版社,1991.
[16] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].第三版,北京:气象出版社,2000:27-28.

Exploration of Extended-Range Forecast of the Highest Daily Temperature in Spring in Shaanxi

MA Xiaohua[1], YANG Huijuan[2], HU Qiyuan[1], QU Liwei[1]
(1.Shaanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710014 China; 2.Meteorological Center of Northwest Regional Air Traffic Management Bureau of CAAC, Xi'an 710082, China)

Abstract Based on NCEP 2.5° × 2.5° reanalysis data of 850 hPa wind、temper and the highest daily temperature data from 2001 to 2010, a result is found that the highest daily temperature changes have good consistency Through statistical analysis ,and have a obvious 6~28 days volatility in the spring. Southerly wind in shaanxi area on the 850 hPa when 6~28 days volatility in a positive phase,the temperature becomes higher than normal, anticyclone controls shaanxi area on the 850 hPa when 6~28 days volatility in the negative phase, the temperature is decreased obviously. According to the contrast, So define the influencing areas.After doing lag correlation analysis with 15 day LFO temper of the influencing areas and 6~28 day LFO temper of 850 hPa in whole field,a key areas is found,which are area 40°~45°E,65°~70°N. Further study 6~28 day LFO on the 850 hPa temper, 6~28 day LFO temper of the key areas would influence the influencing areas, Results also show that 6~28 day LFO temper of the key areas have a good relationship with the highest daily temperature of Shaanxi 15 days later. Prediction test shows that the 6~28 day LFO temper of 850 hPa in the key area can be good indicators of extended range forecast of spring in shaanxi.

Key words the highest daily temperature; extended range forecast factors; low -frequency oscillation