

文章编号:1003-6598(2016)01-0001-06

# 基于 DERF2.0 模式产品对单站旬、月极端降水日数的预测

白慧<sup>1,2</sup>, 段莹<sup>1</sup>, 王兴菊<sup>3</sup>, 陈贞宏<sup>3</sup>

(1. 贵州省气候中心, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵州 贵阳 550002;  
3. 贵州省安顺市气象局, 贵州 安顺 561000)

**摘要:**该文利用 1951—2013 年贵阳站逐日降水量观测资料分析其极端降水日数的气候特征, 结合 DERF2.0 月动力延伸预测模式输出的 500 hPa 高度场格点资料, 将高度距平场与该站极端降水日数距平值利用线性回归及逐步回归的方法建立 5 月 26 日起报 1~40 d 的预测模型, 并对预测效果进行检验。结果表明: 贵阳站 20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期是极端降水日数偏多的时段, 其余时段呈现偏少特征, 在 21 世纪 10 年代之后极端降水日数呈增加趋势; 影响贵阳站各旬极端降水日数的天气系统在月内具有阶段性的调整和变动, 相比月尺度大气环流信号的稳定性较弱; 对比固定时段建模和滑动时段建模下极端降水日数的预测结果, 发现固定时段建模的预测结果与实况较为一致, 尤其是月尺度预测值与实况值的相关系数较稳定, 旬尺度预测值与实况值的稳定性较弱。

**关键词:** DERF2.0; 极端降水日数; 预测模型

**中图分类号:** P457 **文献标识码:** A

## 1 引言

20 世纪 80 年代以来, 受全球气候变化和人类活动的共同影响, 全球范围内的极端天气气候事件呈现出强度大、频次高、影响范围广等特点<sup>[1]</sup>。贵州地处我国西南的云贵高原东麓、副热带东亚大陆的季风区内, 属亚热带湿润季风气候区。一方面, 强降雨是对贵州省危害最严重的灾害性天气之一, 暴雨带来的灾害对贵州的工农业生产及人民生命财产造成了严重的危害<sup>[2]</sup>, 尤其是强降雨多发的夏天, 暴雨、大暴雨出现频繁, 是导致冲毁农田、倒塌房屋, 甚至引发泥石流、山体滑坡等灾害的主要诱发因素<sup>[3]</sup>。另一方面, 近年来频发的高温干旱事件给社会经济和人民的生命财产造成巨大影响, 干旱灾害的致灾因子主要取决于一个地区的降水、气温和蒸发等, 其中降水是干旱的主要物质基础, 强降雨又是重要的水资源的补充, 区域性强降雨过程往往是解除农业干旱的主要途径之一<sup>[4]</sup>。因此, 对降水的短期气候预测显得越来越重要, 但提高气候预测准确率一直是短期气候预测工作的重点和难点。

近年来, 动力气候预测模式已成为气象工作者的重要工具, 其中月动力延伸期预测产品 (DERF) 在气候预测业务中得到广泛应用<sup>[5]</sup>, 动力气候模式对大尺度环流的特征模拟较好, 但对空间尺度较小的降水、气温等地表气候要素的预测技巧较低<sup>[6]</sup>, 因而如何利用气候模式输出的具有较高预测技巧的大尺度模式信息用于中小尺度的降水预测显得十分重要。

国家气候中心业务化的月动力预测气候模式 (DERF) 在短期气候预测特别是月尺度气候预测中发挥着重要作用, 许多研究表明<sup>[7]</sup>, 现在的大气环流模式对大气环流特征模拟较好, 但对于气温、降水等局地气候要素的模拟技巧很低, 同时该模式水平分辨率较粗, 导致区域尺度预测准确率偏低。因此, 如何利用模式预测技巧较高的大尺度信息通过降尺度方法来预测降水、气温等区域尺度信息显得很重要<sup>[8]</sup>。

随着我国动力气候模式预测系统的不断完善, 其月平均环流场已经具备良好的预测能力, 从而为利用动力气候模式产品间接预测气温、降水的解释应用提供了必要条件。本文对国家气候中心滚动下发的 DERF2.0 月动力延伸集合预测产品 (预测时

收稿日期: 2015-08-05

第一作者简介: 白慧 (1984—), 女, 工程师, 主要从事气候诊断和短期气候预测相关工作, E-mail: baihui926@aliyun.com。

资助项目: 贵州省气象局青年基金项目 (黔气科合 QN[2014]05 号); 贵州省气象局气象科技开放研究基金 (黔气科合 KF[2016]06 号)。

段为1~40 d)数据进行解报,选取贵阳站夏季降水量最多、暴雨频率最高的6月极端降水日作为预测对象,将DERF2.0输出的500 hPa位势高度场作为预测因子,利用线性回归和逐步回归的统计方法建立预测模型,筛选出含有高信息量的预测因子,建立气候场与各气候因子场的联系,进而将指定时刻DERF2.0输出的500 hPa环流产品的显著影响因子带入预测模型,实现对贵阳站6月延伸期旬、月极端降水日数的预测,以期探索一种有效的、可行的业务预测途径。

## 2 资料和方法

### 2.1 资料

本文所用资料为气象观测站点资料和DERF2.0输出的500 hPa高度场格点资料,包括:①1951—2013年贵阳站逐日降水量(20—20时)观测资料;②格点资料空间分辨率 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ ,范围为 $90^{\circ}\text{S} \sim 90^{\circ}\text{N}$ 、 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}\text{E}$ ,时间范围为1983—2013年5月26日起报1~40 d。

旬月极端降水日数预测模型:1983—2013年站点数据和格点数据的气候平均。

### 2.2 方法

本文在建立统计降尺度预测模型过程中主要采用了下列方法:

①选取贵阳站为贵州区域代表站,确定代表站相对极端降水量日数阈值,统计该站逐旬、月极端降水量日数,作为预测对象 $y$ 。

旬、月极端降水量日数阈值确定方法:根据WMO气候委员会(CCI)/全球气候研究计划

(WCRP)气候变化与可预测性计划(CLIVAR)气候变化检测、监测和指标专家组(ETCCDMI)有关定义和计算方法,将极端降水日数定义为时段内日降水量大于第90个百分位值的天数。每个站点逐月计算第90个百分位数,即对1983—2013年每个月内超过1 mm的降水量从小到大进行排序,计算第90个百分位对应值,作为极端降水量阈值。

②将 $y$ 与同期全球( $90^{\circ}\text{S} \sim 90^{\circ}\text{N}$ 、 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}\text{E}$ )DERF2.0模式输出的500 hPa高度场格点资料进行回归系数计算和显著性检验,从中挑选出过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平的格点作为逐步回归待选因子( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ )参加逐步回归,通过设定显著性水平可有效控制获得所需参加逐步回归的因子数量。

③建立预测模型(0.1信度检验),得出预测对象 $y$ 与预测因子 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ 的多元预测方程:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^p b_i x_i \quad (1)$$

式(1)中 $b_0$ 为常数, $b_i$ 为回归系数, $x_i$ 为预测因子,对贵州省汛期时段延伸期旬、月(1~10 d、11~20 d、21~30 d、31~40 d和11~40 d)时段内极端降水日数和DERF2.0集合预测产品间建立预测模型。

④对DERF2.0集合预测产品的预测结果进行独立样本检验。

## 3 贵阳站极端降水日数气候特征

贵阳站1983—2013年气候平均逐日降水量呈单峰型分布(图1),雨水集中期在4—10月,占全年总降水量的87%,其中盛夏6—8月占全年总降水量49%(6月占19%、7月占17%和8月占13%)。

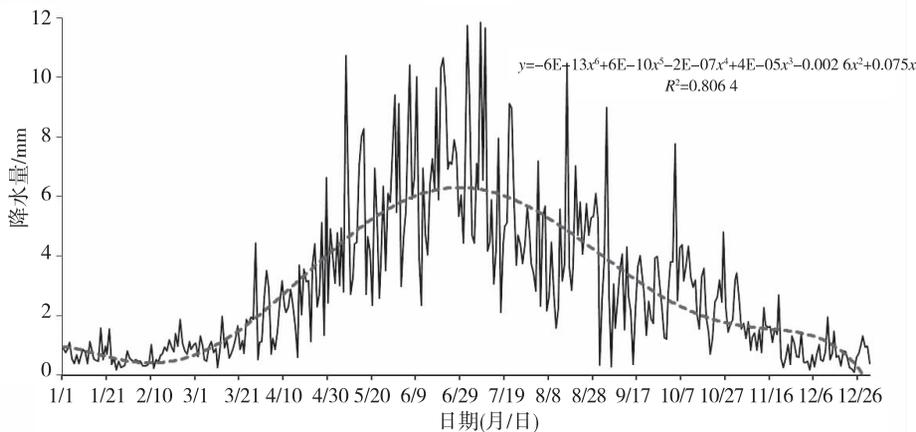


图1 贵阳站1983—2013年逐日降水量(单位:mm)

Fig. 1 Daily precipitation during 1983—2013 at Guiyang station (unit: mm)

考虑到降水的区域性和季节性差异,极端降水日数采用相对指标来定义。图2为贵阳站1951—2013

年逐年5月26日起算未来1~10 d、11~20 d、21~30 d、30~40 d各时段内的极端降水日数。总体上

看,5月26日起算未来1~40 d的极端降水总日数平均为1.3 d,20世纪80年代中期至90年代中期是极端降水日数偏多的时段,其余时段呈现偏少特征,但21世纪10年代之后极端降水日数呈增加趋势。

由上述分析可见贵州夏季降水量最多、暴雨频率最高的降水出现在6月,本文以雨水最为充沛的

6月作为预测对象,对5月26日起报未来1~40 d内旬(1~10 d、11~20 d、21~30 d和31~40 d)、月(1~30 d和11~40 d)极端降水日数的预测模型的建立及其预报能力进行讨论,有效地将 DERF2.0 业务产品中提供的具有较高预测技巧的大尺度预测信息(500 hPa 高度场)统计降尺度到观测站点。

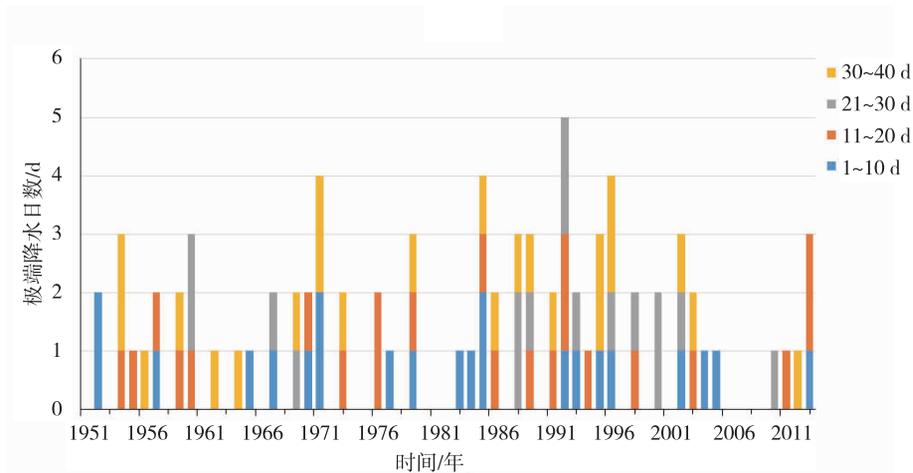


图2 贵阳站1951—2013年逐年5月26日起算未来1~40 d内不同时段极端降水日数

Fig. 2 Number of extreme precipitation days for future 1~40 days starting on May 26 during 1951—2013 at Guiyang station

#### 4 贵阳站极端降水日数预测模型的建立

利用 DERF2.0 业务产品在1983—2003年5月26日起报未来1~10 d、11~20 d、21~30 d、31~40 d、1~30 d和11~40 d各时段的500 hPa高度场(90°S~90°N,0°~360°E)资料,与同期各时段内贵阳站极端降水日数实况值做回归分析,其回归系数空间分布如图3所示,图中阴影区域为回归系数通过0.05信度检验的区域。由图可见,1~10 d、11~20 d、21~30 d及31~40 d的关键区位置均存在较大差异,说明在旬尺度下影响贵阳站各时段极端降水日数的副热带和中高纬度大气环流具有不稳定性,而1~30 d和11~40 d两个时段内的关键区位置则较为相似,即月尺度大气环流信号相对稳定。由上述分析可见,天气系统在月内具有阶段性的调整和变动,旬尺度的大气环流信号相比月尺度稳定性较弱。

基于贵阳站5月26日起算未来1~10 d、11~20 d、21~30 d、30~40 d、1~30 d和11~40 d各时段内的极端降水日数距平与同期关键区高度距平场(HGTa)建立预测模型,以1983—2003年为训练阶段,利用逐步回归方法筛选预测因子,对2004—2013年逐年的各时段内的极端降水日数距平 $y$ 进

行独立预测,考察各关键区HGTa( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ )的贡献率及预测模型的准确率式(1),将2004—2013年逐年同期各时段内关键区HGTa代入所建模型,得到极端降水日数距平预测值。图4为2004—2013年5月26日起报未来各时段贵阳站极端降水日数距平的实况值与固定时段预测模型计算所得的预测值对比。由图可见1~10 d、11~20 d、21~30 d、30~40 d、1~30 d和11~40 d各时段内极端降水日数距平预测的同号率分别为4/10、3/10、9/10、5/10、9/10和8/10,其中21~30 d、1~30 d和11~40 d时段内的预测与实况趋势较为一致,表明固定时段建模对极端降水日数异常具有较好的预测能力。

为了检验预测因子的稳定性,进一步讨论500 hPa高度场异常年际信号对贵阳站极端降水日数异常的预测能力,对相应时段的预测模型进行滑动建模(图5),即利用1983—2003年、1984—2004年……1992—2012年时段建立逐步回归预测模型,分别对2004—2013年逐年的贵阳站极端降水日数距平进行预测,结果表明2004—2013年10 a间预测同号率分别为5/10、5/10、5/10、5/10、6/10和6/10,其预测值和实况值的一致性较固定时段建模有所降低,表明建模时段的选取对年际信号的提取具有一定的影响。

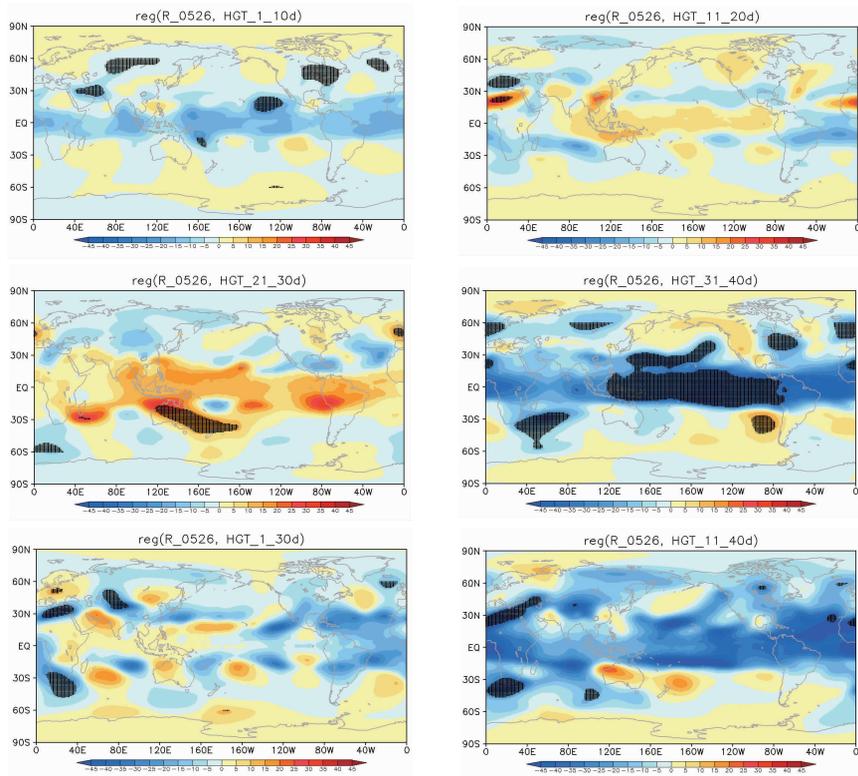


图3 1983—2013年全球(90°S~90°N,0°~360°E)500 hPa高度场与贵阳站1~10 d、11~20 d、21~30 d、31~40 d、1~30 d和11~40 d各时段内极端降水日数的回归系数空间分布(阴影区:回归系数通过 $\alpha=0.05$ 信度检验)  
Fig.3 The space distribution of regression coefficient between 500 hPa height(90°S~90°N,0°~360°E) and number of extreme precipitation days for 1~10 days, 11~20 days, 21~30 days, 31~40 days, 1~30 days and 11~40 days during 1983—2012 at Guiyang station (shaded:  $\alpha=0.05$ )

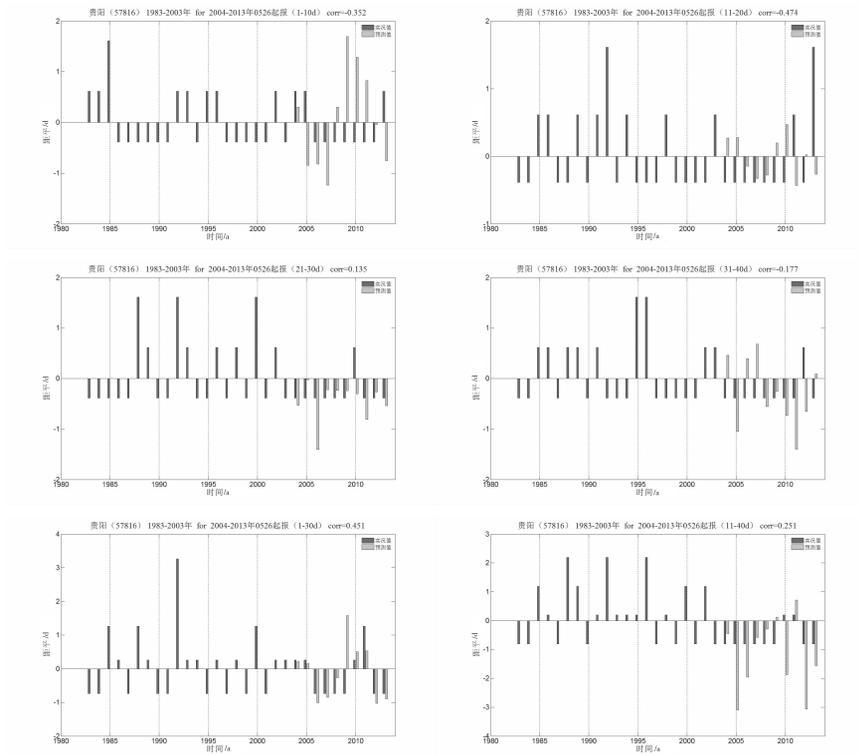


图4 2004—2013年贵阳站极端降水日数距平的实况值与预测值(固定时段预测模型)  
Fig.4 Prediction values and observation values of number of extreme precipitation days during 2004—2013 (Prediction model is built by regular time)

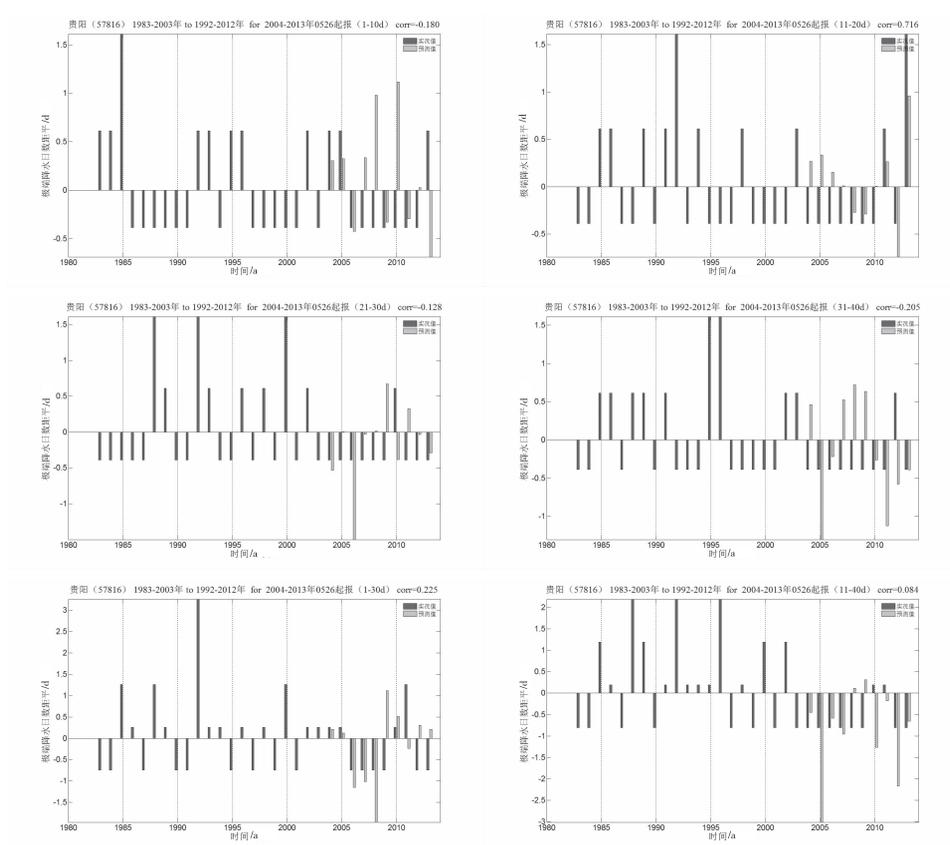


图 5 2004—2013 年贵阳站极端降水日数距平的实况值与预测值(滑动时段预测模型)

Fig.5 Prediction values and observation values of number of extreme precipitation days during 2004—2013 (Prediction model is built by moving time)

### 5 预测检验结果

对比分析固定时段(1983—2003年)建模和滑动时段(1983—2003年至1992—2012年)建模分别对逐年2004—2013年各时段内极端降水日数的预测结果(表1)。从同号率来看,固定时段建模的预测结果与实况较为一致,尤其21~30d、1~30d和11~40d时段(分别为9/10、9/10和8/10);结合相关系数,固定时段建模的1~30d时段内的月尺度预测值与实况值的相关性一致、且较高(0.45),通

过0.05信度检验,11~40d时段内的月尺度预测值与实况值的相关性次之,其余旬内的预测值与实况值的相关性较低或相反。注意到各时段的统计值中同号率越高,其相关系数并不一定为正、且越高,这与相关系数的算法有关,它与同号率一样反映预测值与实况值之间的趋势一致性,但同时它还反映二者间趋势异常的振幅一致性,样本数过少对相关系数能反映的真实性具有很大影响,因此,在样本较少的预测检验业务中主要以同号率为参考依据。

表 1 各时段内极端降水日数距平的固定时段建模和滑动时段建模的预测检验统计

Tab.1 Test statistics of prediction and observation of number of extreme precipitation days for different time with the prediction model at regular time and moving time

预测时段	预测结果(固定时段建模)		预测结果(滑动时段建模)	
	同号率	相关系数	同号率	相关系数
1~10 d	4/10	-0.352	5/10	-0.180
11~20 d	3/10	-0.474	5/10	0.716
21~30 d	9/10	0.135	5/10	-0.128
31~40 d	5/10	-0.177	5/10	-0.205
1~30 d	9/10	0.451	6/10	0.225
11~40 d	8/10	0.251	6/10	0.084

## 6 小结与讨论

①总体上看,1951—2013年贵阳站5月26日起算未来1~40 d的极端降水总日数平均为1.3 d,其中20世纪80年代中期至90年代中期是极端降水日数偏多的时段,其余时段则呈偏少特征,在21世纪10年代之后极端降水日数呈增加趋势。

②贵阳站5月26日起算未来1~10 d、11~20 d、21~30 d及31~40 d的关键区位置均存在较大差异,说明影响贵阳站各旬极端降水日数的副热带和中高纬度大气环流具有不稳定性,而1~30 d和11~40 d两个时段内的关键区位置则较为相似,天气系统在月内具有阶段性的调整和变动,相比月尺度大气环流信号的稳定性较弱。

③对比贵阳站在固定时段建模和滑动时段建模分别对逐年2004—2013年各时段内极端降水日数的预测结果,显示固定时段建模的预测结果与实况较为一致,尤其是起报日未来1~30 d和11~40 d时段内的月尺度预测值与实况值的相关系数较稳定,其余旬内的预测值与实况值的稳定性较弱。

本文研究利用DERF2.0模式输出的业务产品(500 hPa位势高度场)进行旬、月内的极端降水日数统计降尺度应用,对旬内预测效果稳定性较弱,而对月内预测效果较稳定。考虑到DERF2.0用于

统计降尺度中建模及独立预测样本都比较少,需有待选取更多的样本进行检验,同时考虑到解释应用技巧本质上依赖于模式预测能力和解释应用方法,因而需要更多的模式产品样本来进一步研究,以期来提高气候预测的准确性。

### 参考文献

- [1] 刘绿柳,孙林海,廖要明,等.基于月动力模式的降水和极端强降水日数统计降尺度预测方案比较[A].中国气象局国家气候中心暨气候研究开放实验室2009年度学术年会论文集[C],2010:40-43.
- [2] 张艳梅,江志红,王冀,等.贵州夏季暴雨的气候特征[J].气候变化研究进展,2008,4(3):182-186.
- [3] 白慧,陈贞红,李长波,等.贵州省主汛期暴雨的气候特征分析[J].贵州气象,2012,36(3):1-6.
- [4] 彭贵芬,刘瑜,张一平.云南干旱的气候特征及变化趋势研究[J].灾害学,2009,24(4):40-44.
- [5] 池俊成,史印山.EOF迭代模型的月动力延伸预报产品释用技术[J].应用气象学报,2009,20(1):124-128.
- [6] 张培群,李清泉,王兰宁,等.我国动力气候模式预测系统的研制及应用[J].科技导报,2004,(7):17-21.
- [7] 李维京,张培群,李清泉,等.动力气候模式预测系统业务化及其应用[J].应用气象学报,2005,16(增刊):1-11.
- [8] F. Frey-Buness, D. Heimann, R. Sausen. A statistical-dynamical downscaling procedure for global climate simulations[J]. Theoretical and Applied Climatology, 1995, 50: 171-131.

## Prediction of Number of Extreme Precipitation Days Every Ten Days and Month for a Single Station Based on the Monthly Dynamical Climate Model

BAI Hui<sup>1,2</sup>, DUAN Ying<sup>2</sup>, WANG Xingju<sup>3</sup>, CHEN Zhenhong<sup>3</sup>

(1. Guizhou Climate Center, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Key Laboratory of Mountainous Climate and Resource, Guiyang 550002, China; 3. Anshun Meteorological Bureau, Anshun 561000, China)

**Abstract:** The climate features of number of extreme precipitation days were analyzed by making use of daily precipitation data during 1951—2013 at Guiyang station, and in combination with 500 hPa height monthly dynamical climate model productions (DERF2.0), the prediction model was built and tested. The prediction model forecasts the 1~40 days starting on May 26 by means of linear regression method and stepwise regression method. The results show that the period of number of extreme precipitation days is more during the mid-80's to the mid-90's of the 20th century, the other period is less, and the trend is increasing from the late 10's of 21st century. Weather systems have the different stages of adjustments and changes in a month, whose circulation signals are weaker than monthly scale. The contrast of prediction models at regular time and moving time, finding the prediction results at regular time are the same to observation, especially the monthly scale is more stable.

**Key words:** DERF2.0; number of extreme precipitation days; prediction model